Б. З. ФРАДКИН

БЕЛЫЕ ПЯТНА БЕЗБРЕЖНОГО ОКЕАНА

SHOUT
SHARE
IT

- Белые пятна безбрежного океана
  -
  - Предисловие
  - Мудрецы древности и вода
    - Самое замечательное
    - Эврика! Эврика!
    - Непостижимое
    - Сгинь! Сгинь!
  - Вода на планете Земля
    - Много ли воды на Земле
    - Как появилась вода
    - Зодчий планеты
    - Истопник планеты
    - Фильтр атмосферы
    - Неисчерпаемый рудник будущего
  - Вода и человек
    - Оказывается она дефицитна
    - Грозная опасность
    - Сколько воды вытекает из крана вашей квартиры
    - Подземные источники
    - Голубые артерии
    - Опреснение соленых вод
    - Замкнутый кругооборот воды
    - Вода из воздуха
  - Необыкновенные свойства обыкновенной воды
    - Одна в трех лицах
    - Счастливое исключение
    - Аккумулятор тепла
    - Поглотитель газов
    - Пожиратель металла
    - Кавитация... Это замечательно!
    - Прочность воды
    - Четвертое состояние воды
    - Магнитная вода
    - Вода в роли молота
    - Вода - штамповщик
    - Вода в роли наковальни
    - Вода - источник энергии
    - Самое известное и непознанное свойство воды
  - Секреты аномальных свойств воды
    - "Кирпичики" воды
    - Как строится молекула воды
    - Золотой ключик

- Водородная связь водородной связи рознь
- Пришедшая из недр земных
- Союзник большой химии
- Обманутая кавитация
- Искусственная вода

- Вода и биология
  - Происхождение жизни на Земле
  - Все-таки почему именно в воде
  - Биологические проблемы гидравлического удара
  - Магнитное поле, вода и кровь
  - Почему вымерли динозавры
  - Еще раз о "мертвой" и "живой" воде
  - Тепловое реле
  - Механизм мышления
  - Человек - будущий обитатель океанических пучин
  - Пушки и подснежники
  - Машина времени
  - Загадка растительного мира
  - Рекорды водопития
  - Вода, космос и человек
- Заключение
- Список литературы

Белые пятна безбрежного океана

В книге рассказывается о воде - самом распространенном и в то же время самом загадочном веществе на Земле. Приведены гипотезы, объясняющие происхождение воды на планете, раскрывается роль воды в формировании атмосферы, океанов, климата и как движителя научно-технического прогресса на протяжении всей истории человечества.

Фрадкин Борис Захарович

Москва: Недра, 1983 - с.92

Предисловие

Необыкновенным называют все, что резко отличается от привычного, повседневного. Необыкновенное поражает наше воображение и не сразу воспринимается нашим разумом.

Вспомним, как было потрясено человечество первым полетом на воздушном шаре; какую сенсацию вызвали открытие радио, лучей Рентгена, полупроводников, ультразвука. МирФ был изумлен мужеством доктора Хавкина, испытавшего на себе вакцину смертоносной чумы, и рукоплескал Кристиану Барнарду, совершившему первую пересадку человеческого сердца. Мир подавленно замер от грохота атомных разрывов в Хиросиме и Нагасаки и ликовал, приветствуя полет пионера космоса - Юрия Гагарина.

Таких событий бесконечное множество. Каждое из них, подобно взрыву, ослепительной вспышке света, открывает новое направление в науке и технике. Но... проходит некоторое время и самое революционное свершение превращается в рядовое, будничное дело.

Мы уже не удивляемся посадкам космических кораблей на Луну. Десятки людей годами живут с пересаженными сердцами. Мирный атом трудится на благо человечества. Полупроводники-транзисторы прочно вошли в наш быт. Все стало привычным, понятным, перекочевало на страницы школьных учебников.

Однако существует область исследований, заглядывая в которую уже не одно поколение мыслителей восклицает: "Необыкновенно!". Это - вода.

Да, да, та самая вода, которая заполняет моря, озера, реки, падает на землю дождями, ложится на нее снежными покровами. Та самая вода, без которой немыслимо существование не только человека, но и всего живого.

Во все времена естествоиспытатели не обходили своим вниманием воду, пытаясь постичь секрет ее удивительных свойств. И каждый раз отступали, признаваясь в своем бессилии.

А вода с каждой эпохой приобретала все большее значение для человечества. Сначала она понесла на себе первые утлые суденышки. Потом ею научились орошать поля, создали первые примитивные водопроводы. И вот уже она привела в движение первый двигатель - водяное колесо.

По истории общения человека с водой можно было бы написать своеобразную историю возникновения древних цивилизаций, историю развития техники, и, наконец, историю появления основных направлений в сегодняшней науке. Вот лишь

несколько примеров.

Объединение древнего Двуречья вокруг Вавилона было продиктовано необходимостью создания единой ирригационной системы. Массовое рытье каналов стимулировало замену бронзовых орудий труда железными. Резкий рост урожайности способствовал расцвету культуры Вавилона, развитию ремесел, росту военного могущества. Увы, неразумное орошение привело к заболачиванию земель, катастрофическому снижению урожайности и способствовало ... распаду царства Вавилонского.

В середине 60-х годов XVIII в. английский физик Генри Кавендиш открыл "горячий воздух", рождающий воду (водород). Тем самым он доказал, что вода - сложное вещество. Дальнейшие исследования свойств воды и ее химического состава привели другого английского физика Джона Дальтона к созданию атомной теории вещества. А в наше время эта теория обернулась атомной бомбой и атомными реакторами.

В начале XVIII в. англичанин Томас Ньюкомен первым заставил трудиться водяной пар - он изобрел пароатмосферную машину. Усовершенствованная его соотечественником Джеймсом Уаттом, она открыла новую эру в истории человечества - эру промышленного капитализма. "Революционер - пар", по выражению Карла Маркса, вызвал появление самого прогрессивного класса, гробовщика угнетателей - пролетариата.

Исследование тепловых свойств водяного пара привело французского физика Никола Леонар Сади Карно (начало XIX в.) к открытию идеального цикла работы теплового двигателя. На основа этого цикла были теоретически обоснованы, а затем выполнены в металле сначала поршневые, затем турбореактивные и, наконец, ракетные двигатели. Таким образом, водяной пар предопределил появление железнодорожного транспорта, автомобилей, самолетов и космических кораблей.

Подлинным преобразователем природы вода стала в нашей стране после установления в ней Советской власти. Только вдумайтесь в эти цифры: по решению XXVI съезда КПСС в 11-й пятилетке будет дополнительно орошено 3,7-3,9 млн. га засушливых земель, что превышает площадь такого государства, как Бельгия.

На сотни и тысячи километров протянулись в нашей стране рукотворные реки-каналы, превратившие мертвые пустыни в цветущие края. Вода привела в движение самые мощные в мире турбины ГЭС и наполнила искусственные моря-водохранилища.

Примеры роли воды в научно-техническом прогрессе можно было бы продолжить. И по сей день вода остается источником открытий в тех науках, которые, на первый взгляд, не имеют к

ней никакого отношения.

Но самое удивительное заключено в самой воде. Если в микромире человек расширяет свои познания за счет открытия новых, прежде неведомых элементарных частиц, в космическом пространстве - за счет открытия качественно иных звезд - протонных, нейтронных, черных дыр, пульсаров и пр., то в мире воды он делает это, имея перед собой все ту же привычную обыкновенную воду. На протяжении всей истории общения человека с водой она продолжает оставаться примелькавшимся веществом и в то же время с поразительной последовательностью, век за веком, год за годом раскрывает перед исследователями все новые свои свойства, одно увлекательнее другого.

Мы вправе рассматривать воду как необъятную самостоятельную область познания - безбрежный океан, усыпанный белыми пятнами загадок. И едва удается раскрыть одну загадку, как появляется две, пять, ..., десять новых, еще более невероятных. Совершить путешествие по этому "океану" мы и приглашаем читателя.

В этой книге сделана попытка обобщить в популярной форме все известное науке о воде. Мы расскажем о ее наиболее уникальных свойствах, одни из которых раскрыты достаточно полно, другие продолжают оставаться волнующими тайнами, предметом смелых, оригинальных, но зачастую противоречивых гипотез. Поскольку каждая гипотеза есть не более как логически обоснованное предположение, автор берет на себя смелость высказать и свои собственные прогнозы относительно роли воды в безостановочном процессе преобразования нашей планеты, в эволюции всего живого на ней, в том числе и Человека.

Автор искренне благодарит профессора А. С. Шкляева, В. В. Вольского, О. В. Эстерле и Г. Г. Жидкову за ценные замечания.

Мудрецы древности и вода

Самое замечательное

Древняя Греция на заре своего становления знала семь мудрецов.. И самым прославленным из них был Фалес из Милета (VI в. до н. э.). Он первым из мудрецов древности сделал попытку постичь первооснову всего сущего. "Самое замечательное - вода! - воскликнул Фалес. - Только ее можно встретить одновременно в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Вода - вот первооснова всего сущего. Из воды вещи зарождаются в самом начале и в нее превращаются при окончательном уничтожении, причем первооснова остается неизменной, а меняются только ее состояния".

Фалес Милетский был недалек от истины, став два с половиной тысячелетия назад, по словам Ф. Энгельса, одним из первых представителей "стихийного материализма". В воде возникла жизнь. Мировой океан - колыбель жизни. Без воды немыслимо существование органического вещества. Наша кровь состоит на 90% из воды, наши мускулы - на 75%; даже самое "сухое" в нас - кости, и те содержат 28% воды. В целом наше тело в зрелом возрасте состоит на 65% из воды.

Ежегодно мы пропускаем через себя количество воды, равное более чем пятикратному весу нашего тела, а в течение жизни каждый из нас поглощает около 25 т воды. Лишить человека воды - значит, лишить жизни.

Значение воды для человека становится особенно понятным тогда, когда он ее лишается. Без пищи человек может существовать 40 дней, а без воды умирает на восьмые сутки. При потере живым организмом 10% воды наступает самоотравление, а при 21% - смерть. Без воздуха жизнь возможна. Есть бактерии, обходящиеся без кислорода (так называемые анаэробы). Но без воды пока неизвестна никакая форма жизни. Лишить природу воды - значит обратить ее в мертвый холодный камень.

Эврика! Эврика!

Не знавшие поражения легионы римского полководца Марцелла осадили сицилийский город Сиракузы. Начался штурм крепостных стен. И тогда произошло непредвиденное. Хитроумные рычащие машины начали сбрасывать со стен толпы атакующих римлян, швырять в них огромные камни, метать тучи копий. С моря к стенам Сиракуз подошел римский флот. Но и здесь машины своими "журавлиными клювами" цепляли за нос галеры и, приподняв, бросала обратно в воду, превращая их в обломки. "Придется прекратить войну против этого проклятого геометра", - невесело пошутил Марцелл.

Не отвага защитников Сиракуз обратила в бегство прославленные римские легионы, а мудрость Архимеда. Далеко за пределы Сицилии разнеслась молва о необыкновенных выдумках первого в истории человечества инженера. Казалось, нет такой задачи, которая была бы не под силу его могучему уму. Но однажды Архимеду довелось изведать горечь бессилия.

В честь победы над римлянами царь Сиракуз повелел отлить корону из чистого золота. Однако, когда корона была готова, в душу тирана закрались сомнения: не утаили ли мастера часть золота, подменив его более дешевым серебром?

Уличить мастеров в обмане поручили мудрейшему из мудрых - Архимеду. Но как заглянуть в тайну сплава, который внешне ничем не отличался от чистого золота? Все решенные до того и составившие славу Архимеда задачи показались ему теперь детской забавой в сравнении с той, к которой он даже не знал, как подступиться.

Кто знает, какой силы достигло отчаяние мудреца? Все его размышления были тщетными, от них лишь росло чувство собственной беспомощности. И быть может, именно в тот день, когда Архимед собрался сложить оружие, пришло озарение. Влезая в наполненную до краев ванну, он вдруг увидел то, на что сотни, а может быть и тысячи раз смотрели его глаза. Смотрели, да не видели. По мере того как тело Архимеда погружалось в воду, она переливалась через края ванны.

Острая, яркая, как молния, сокрушающая своей простотой мысль едва не лишила его сознания: ведь объем выливающейся воды в точности равен объему его тела! Если же массу тела поделить на этот объем, получится число, свойственное только этому телу. Только этому и никакому более! В наши дни это число называется плотностью, или объемной массой.

Неистовая радость открытия заставила великого старца

выскочить из ванной и с криком "Эврика! Эврика!" помчаться по улицам Сиракуз. В тот же день Архимед приказал изготовить слиток чистого золота с массой, равной массе короны. Поочередно погружая в воду корону и слиток, он определил их объемы, нашел плотность того и другого, сравнил и... уличил обманщиков!

Так вода помогла Архимеду решить задачу века и стала первым инструментом познания одного из свойств вещества.

Несколько позднее, продолжая опыты в ванне, Архимед сформулировал свой знаменитый закон о плавающих телах и тем положил начало гидравлике.

Непостижимое

Мрачные века средневековья... Надломленный пытками в застенках святой инквизиции старец Галилео Галилей вынужден был отречься от учения Коперника. Однако, как повествует молва, выйдя из судилища и оглянувшись на святых отцов, Галилей воскликнул:

- А все-таки она вертится!

Дорого обошлись ему эти слова. Он был изгнан из родной Флоренции и дни свои закончил на чужбине.

Но еще более мужественным Галилей оказался в науке. Он отважился опираться не на авторитет великих предшественников, а на опыт, на силу собственной логики. Полет его мысли, казалось, не знал предела: им открыт закон инерции; он - основоположник законов колебаний маятника и законов падения тел; он изобрел телескоп и первым заглянул в глубины Вселенной, открыл горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры и спутников Юпитера.

Но вот его внимание привлекла вода. Рассуждая над неподвижным сосудом с водой, Галилей пришел к поразившему его выводу: сила давления на дно сосуда могла превышать массу налитой в сосуд воды (рис. 1). Ошибки в рассуждениях быть не могло, ибо эти рассуждения опирались на законы логики и, конечно же, на повседневный опыт. Судите сами: на одной чаше весов (см. рис. 1,в) в сосуде находится 5 л воды, а на дно давит сила в 10 кгс (*В Международной системе единиц (СИ) 1 кгс = 9,8 Н*); на другой - гиря в 5 кг давит на чашу весов с силой в 5 кгс. Откуда же взялись дополнительные 5 кгс? Этого Галилей объяснить не смог. Тогда он начал изучать поведение движущейся воды. Тут его подкараулила еще более сокрушительная неудача: законы логики никак не желали ладить с законами течения обыкновенной воды. С горечью Галилей признался своим единомышленникам: "Легче установить закономерность движения бесконечно удаленных светил, нежели закономерность движения ручья, текущего у наших ног".

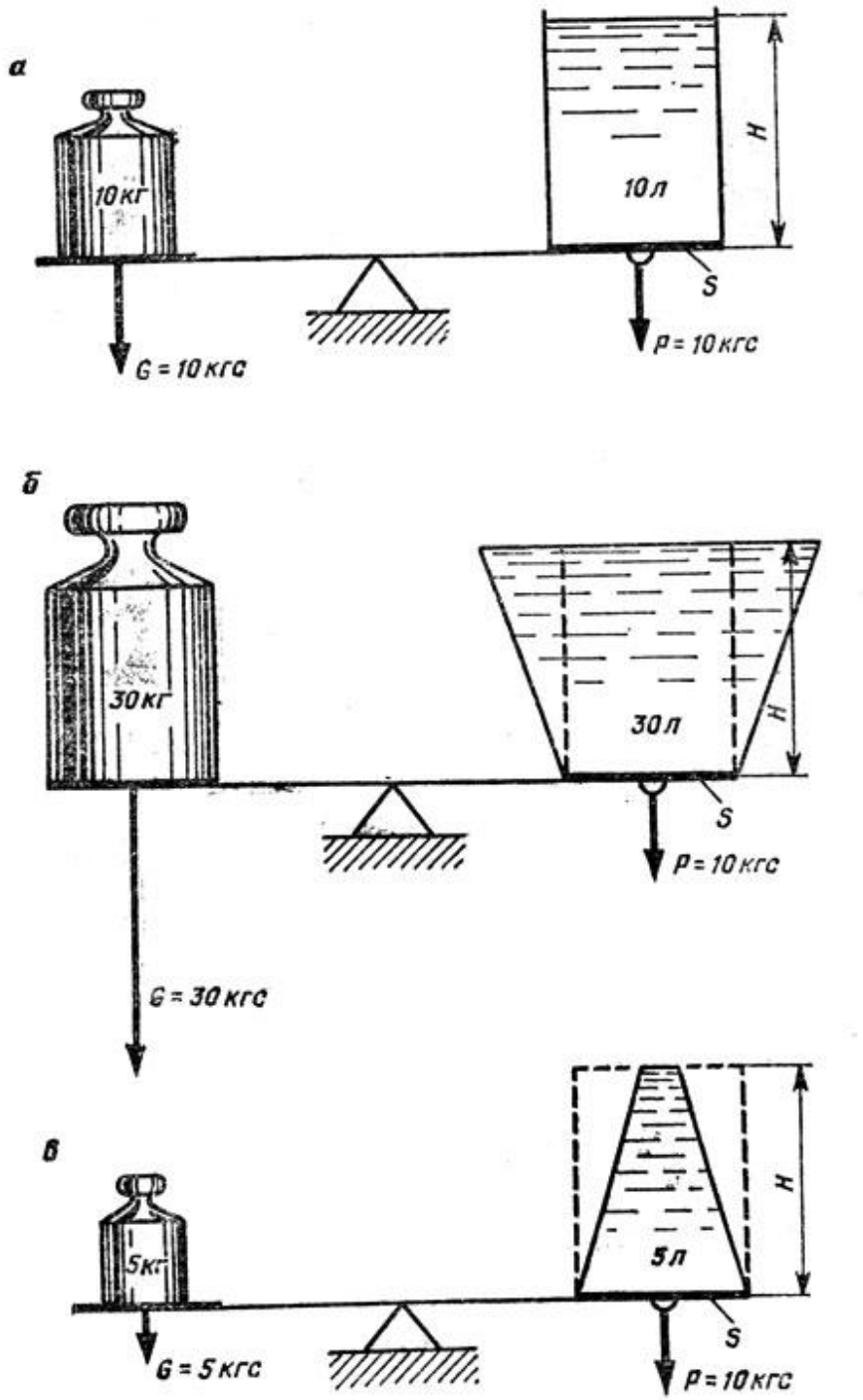

Рис. 1. Гидростатический парадокс. а - вес гири соответствует силе давления воды на дно (G = P); б - вес гири в 3 раза больше силы давления воды на дно (чашку весов), но равновесие

сохраняется (G = 3P); в - вес гири в 2 раза меньше силы давления воды на дно (чашку весов) - равновесие по-прежнему сохраняется (G = 0,5P)

Не дрогнувший перед инквизицией, талантливый мыслитель и экспериментатор отступил перед неразрешимыми загадками заурядного вещества - воды. Вода оказалась для него самым непостижимым объектом исследований.

Сгинь! Сгинь!

Ему всю жизнь не везло. В детстве необъяснимый недуг едва не оборвал его жизнь. Судьба пощадила его, но ненадолго. В юности внезапный паралич сделал его калекой - ноги отказывались служить, он едва мог передвигаться. Но тем неизмеримее его подвиг в науке. Преодолевая физические страдания, он трудился с упорством, с упоением, свойственными лишь гениальному мыслителю,

В 16 лет Блез Паскаль стал не менее известным математиком, чем такие его современники, как Ферма и Декарт. В 18 лет он изобрел счетную машину - предшественницу арифмометра и прабабушку ЭВМ.

Пришло время, когда он вторгся в ту область познания, в которой потерпел неудачу великий Галилей. Он начал с несоответствия между величинами массы налитой в сосуд воды и силой, с которой эта масса давит на дно. Желая получить наглядное доказательство "гидростатического парадокса", Паскаль выполняет опыт, получивший название "бочки Паскаля".

По его указаниям крепкую дубовую бочку до краев наполнили водой и наглухо закрыли крышкой. В небольшое отверстие в крышке заделали конец вертикальной стеклянной трубки такой длины, что конец ее оказался на уровне второго этажа.

Выйдя на балкон, Паскаль принялся наполнять трубку водой (рис. 2). Не успел он вылить и десятка стаканов, как вдруг, к изумлению обступивших бочку зевак, бочка с треском лопнула. Ее разорвала непонятная сила.

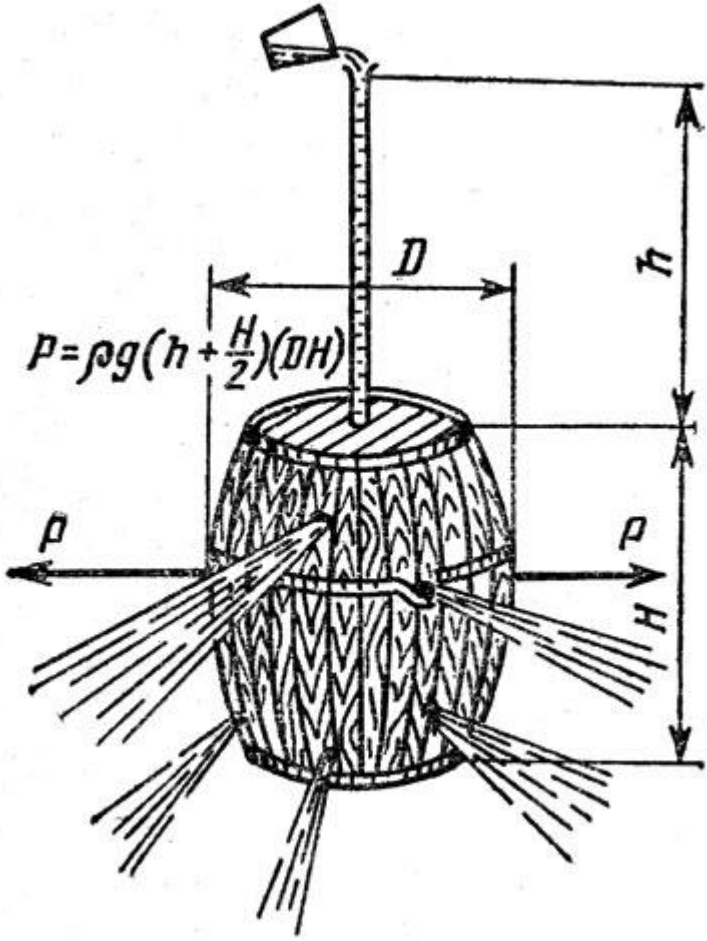

Рис. 2. Исторический опыт Блеза Паскаля с бочкой

Паскаль убеждается: да, сила, разорвавшая бочку, вовсе не зависит от количества воды в трубке. Все дело в высоте, до которой трубка была заполнена. Далее проявляется удивительное свойство воды - передавать давление, созданное на ее поверхности (в бочке) по всему объему, каждой точке стенки или дна бочки.

Так он приходит к открытию закона, получившего его имя, имя Блеза Паскаля: "Давление, приложенное к поверхности жидкости, передается каждой ее частице без изменения своей первоначальной величины".

На поверхности воды в бочке под крышкой это давление $P = \rho gh$, где ρ - плотность воды; g - ускорение свободного падения; h - высота столба воды в трубке. Помножив полученное давление на площадь диаметрального сечения бочки ($S = DH$), мы получим ту силу, которая сокрушила ее прочные дубовые стенки:

$P = \rho g(h + H/2)(DH)$

Если принять высоту воды в трубке 4 м (балкон второго этажа), диаметр бочки 0,8 м и высоту бочки 0,8 м, то как бы ни было мало количество воды в трубке, сила, разрывающая бочку, составит 27,6 кН.

Уже опираясь на открытый им закон, Паскаль получает следствие: "Если полный сосуд, закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, одно из которых в 100 раз больше другого, то, помещая в каждое отверстие поршень, соответствующий этому отверстию, человек, нажимающий на малый поршень, будет создавать усилие, равное усилию 100 человек, нажимающих на поршень, по площади в 100 раз больший". Таким образом, Паскаль обосновал возможность получения сколь угодно больших усилий из сколь угодно малых с помощью жидкости. Трудно переоценить значение этого следствия для современного машиностроения. Оно привело к созданию суперпрессов с давлением в (65-75)*10^7Па. Оно легло в основу гидравлического привода, который в свою очередь обусловил появление гидроавтоматики, управляющей современными реактивными лайнерами, космическими кораблями, станками с программным управлением, могучими самосвалами, горными комбайнами, экскаваторами...

А что же сам Паскаль? Предвидел ли он, что его закон ознаменует целую эпоху в техническом прогрессе?

Неожиданно Паскаль прекратил всякую исследовательскую деятельность и, покинув Париж, поселился в келье монастыря Пор-Роял. Он оборвал все связи с людьми науки, отрекся от всего, что еще вчера составляло смысл его существования и полностью посвятил себя религии. Если великого Галилея даже самые жестокие пытки в застенках инквизиции не заставили изменить науке, то Паскаль сделал это сам, без всякого на то принуждения.

Дни свои он закончил облаченным во власяницу с библией на коленях. Он умервщлял свою плоть, дабы замолить самый страшный, с течки зрения религии, грех - любознательность, страсть к познанию. И умер, когда ему было всего 39 лет.

Но почему он отрекся? Может быть, испугался своих воистину антибожественных открытий, сулящих миру такое могущество, в сравнении с которым меркло могущество божественное, или ему не хватило того единственного шага от незнания к знанию, который сумел сделать Архимед, и который позволил бы ему раскрыть парадоксальные свойства воды. В яркой летописи истории науки трагедия Блеза Паскаля стала единственным темным пятом.

Вода на планете Земля

Много ли воды на Земле

На 3/4 поверхность нашей планеты покрыта океаном. Объем воды, находящейся в океанах, составляет 1370 млн. км^3. В ледниках (включая и ледники Антарктиды) заморожено около 25 млн. км3 воды. Если бы все льды на Земле растаяли, уровень океана повысился бы на 65-70 м, и немало суши оказалось бы погруженной в морские пучины. Если учесть еще воду в озерах и реках, то общий запас ее на поверхности нашей планеты составит 1455 млн. км^3.

Однако самым вместительным хранилищем воды являются недра Земли. В коре Земли воды столько же, сколько и в Мировом океане (1,3 млрд. км^3), а в мантии в 10-12 раз больше (примерно 13-15 млрд. км3). Правда, основная масса этой глубинной воды физически и химически связана, но под влиянием пока неизвестных науке причин идет непрерывный процесс разрушения этих связей. Освобожденная вода становится неиссякаемым резервом наземных и подземных океанов.

Как появилась вода

На этот счет имеется несколько гипотез.

Первая гипотеза исходит из "горячего" происхождения Земли. Считается, что некогда Земля была расплавленным огненным шаром, который, излучая тепло в пространство, постепенно остывал. Появилась первородная кора, возникли химические соединения элементов и среди них соединение водорода с кислородом, или, проще говоря, вода.

Пространство вокруг Земли все более заполнялось газами, которые непрерывно извергались из трещин остывающей коры. По мере охлаждения пары образовывали облачный покров, плотно окутавший нашу планету. Когда температура в газовой оболочке упала настолько, что влага, содержащаяся в облаках, превратилась в воду, пролились первые дожди. Тысячелетие за тысячелетием низвергались дожди. Они-то и стали тем источником воды, которая постепенно заполнила океанические впадины и образовала Мировой океан.

Вторая гипотеза исходит из "холодного" происхождения Земли с ее последующим разогревом. Разогрев стал причиной вулканической деятельности. Извергаемая вулканами лава выносила на поверхность планеты пары воды. Часть паров, конденсируясь, заполняла океанические впадины, а часть образовала атмосферу. Как теперь подтверждено, главной ареной вулканической деятельности на первых стадиях эволюции Земли действительно являлось дно современных океанов.

Согласно этой гипотезе вода содержалась уже в той первичной материи, из которой сложилась наша Земля. Подтверждением такой возможности является наличие воды в падающих на Землю метеоритах. В "небесных камнях" ее до 0,5 %. На первый взгляд мизерное количество.

Теперь прикинем: Земля весит $6*10^{21}$ т. Если она образовалась из подобных метеоритов, то в ней сейчас должно находиться примерно $30*10^{18}$ т воды! Тогда общее количество воды на Земле [(13-15) 10^9 т] по крайней мере в 200 раз меньше истинного. Получается, что наша старушка-Земля от самого центра до поверхности, как губка, пропитана водой.

Третья гипотеза также исходит из "холодного" происхождения Земли с последующим ее разогревом.

На какой-то стадии разогрева в мантии Земли на глубинах 50-70 км из ионов водорода и кислорода начал возникать водяной пар. Однако высокая температура мантии не позволяла ему вступать в химические соединения с веществом мантии.

Под действием гигантского давления пар выжимался в верхние слои мантии, а. затем и в кору Земли. В коре более низкие температуры стимулировали химические реакции между минералами и водой, в результате разрыхления пород, образовались трещины и пустоты, которые немедленно заполнялись свободной водой. Под действием давления воды трещины раздавались, превращались в разломы, и вода через них устремлялась на поверхность. Так возникли первичные океаны.

Однако деятельность воды в коре Земли этим не исчерпывалась. Горячая вода довольно легко растворяла в себе кислоты и щелочи. Эта "адская смесь" разъедала все и вся вокруг, превращаясь в своеобразный рассол, который и придал морской воде присущую ей и поныне соленость.

Тысячелетия сменяли друг друга. Рассол вширь и вглубь неумолимо расползался под гранитными основаниями континентов. Проникнуть же в собственно гранит ему дано не было. Пористая структура гранита, подобно тонкому фильтру, задерживала взвеси. "Фильтр" засорялся, а засорившись, начинал играть роль экрана, преграждавшего путь воде.

Если все это имело место, то под материками на глубине 12-20 км расстилаются океаны сжатой и насыщенной растворенными солями и металлами воды. Вполне возможно, что такие океаны раскинулись и под многокилометровой толщей базальтового дна наземных океанов. В пользу приведенной гипотезы свидетельствует резкое возрастание скорости сейсмических волн на глубине 15-20 км, т. е. как раз там, где должна пролегать граница предполагаемого раздела между гранитом и поверхностью рассола, граница резкого изменения физико-химических свойств вещества.

Приведенную гипотезу подтверждает и так называемый дрейф материков. Гранитные громады материков перемещаются. Они "плывут", хотя скорость их движения составляет всего несколько сантиметров в столетие. Отчего же не предположить, что океаны рассолов выполняют роль своеобразной пленки под "днищами" материков, подобно пленке масла в подшипнике между цапфой и валом.

Если рассолы существуют, то в будущем человечество наверняка использует их как богатейшую жидкую руду, в которой растворены ценнейшие элементы и их соединения.

Четвертая гипотеза принадлежит английскому астрофизику Хойлу и опубликована сравнительно недавно, в 1972 г. Она представляет собой следствие из гипотезы происхождения Солнечной системы. Суть ее такова: конденсация протопланетного облака, окружавшего наше прото-Солнце,

протекала неравнозначно на разных расстояниях от Солнца. Чем дальше от него, тем температура облака была ниже. Ближе к Солнцу могли конденсироваться, скажем, металлы как вещества более тугоплавкие. А там, где проходят орбиты Урана, Нептуна и Плутона, по расчетам Хойла, температура составляла примерно 350 К, что уже достаточно для конденсации паров воды. Именно этим обстоятельством можно объяснить "водную" природу Урана, Нептуна и Плутона, образовавшихся в процессе слияния частиц льда и снега. "Водную" природу указанных планет подтверждают новейшие астрономические наблюдения.

Однако в процессе формирования внешних планет имело место гравитационное "выталкивание" глыб льда в область внутренних планет. Те из глыб, которые обладали достаточными размерами, не успев полностью испариться от солнечных лучей, достигали Земли и падали на нее в виде своеобразного ледяного "дождя". Очевидно, такие "дожди" были более обильными на Марсе и весьма скудными на Венере.

Расчеты, выполненные Хойлом, подтверждают возможность образования земных океанов из ледяных дождей, для чего потребовалось всего несколько миллионов лет.

Пятая гипотеза, как и четвертая, предполагает чисто космическое происхождение воды, но из других источников. Дело в том что на Землю из глубин космоса непрерывно низвергается ливень электрически заряженных частиц. И среди этих частиц изрядную долю составляют протоны - ядра атомов водорода. Пронизывая верхние слои атмосферы, протоны захватывают электроны и превращаются в атомы водорода, которые тут же вступают в реакцию соединения с кислородом атмосферы. Образуются молекулы воды. Расчет показал, что космический источник такого рода способен дать почти 1,5 т воды в год, и эта вода в виде осадков достигает земной поверхности.

Полторы тонны... По глобальным меркам - ничтожное количество. Но следует иметь в виду, что образование такой космической воды началось одновременно с возникновением планеты, т. е. 5-7 млрд. лет назад. Да и во все ли эпохи Земля получала из космоса только 1,5 т воды в год? Не случалось ли в доисторические времена подлинных потопов от космических водяных ливней? Не заливала ли тогда вода нашу планету по самые вершины первозданных горных хребтов, а уж позднее частично ушла в недра Земли, и на поверхности остались лишь знакомые нам океаны.

Шестая гипотеза нам кажется наиболее интересной. Она опирается на очень спорные, но смелые и оригинальные идеи.

Взгляните на географическую карту. Нельзя не заметить

удивительного подобия береговых линий Американских континентов с береговыми линиями Африканского и Евразийского континентов. Таким подобием обладают края разорванного листа бумаги.

Как установлено учеными, примерно 250 млн. лет назад на Земле был единый континент. Затем, неизвестно по каким причинам, он треснул, и части его начали расползаться, "уплывать" друг от друга. Доказательствами существования некогда единого материка является не только подобие береговых линий, но также сходство флоры и фауны, сходство геологических структур побережий. Короче говоря, ныне мало кто сомневается в единстве континентов Земли в прошлом. Недоумение вызывает другое: как могут, подобно гигантским "айсбергам", уплывать друг от друга глыбы материков, если их корни уходят вглубь на десятки километров? И что приводит их в движение?

Исследования последних лет подтвердили: да, материки "плывут", расстояние между ними непрерывно увеличивается. Передвижение материков блестяще объясняет гипотеза расширяющейся Земли. Гипотеза утверждает: первоначально Земля имела радиус вдвое меньший, чем сейчас. Материки, слитые тогда воедино, опоясывали планету. Океанов не существовало. И вот на границе протерозоя и мезозоя (250-300 млн. лет назад) Земля начала расширяться. Единый материк дал трещины, которые, наполнившись водой, превратились в океаны. И с тех пор по наше время радиус Земли увеличился вдвое!

Изобретение атомных часов позволило с абсолютной точностью определить долготу и широту земных объектов по звездному небу. Измерения показали, что наша планета... продолжает расширяться! Расширяется, например, Европа. Москва и Ленинград "плывут" на восток со скоростью 1 см в год. А Гамбург, расположенный в центре Европы, остается на месте.

Скорость расширения европейского континента огромна. Ведь за каких-нибудь 20 млн. лет (ничтожнейший срок для геологической эпохи) в результате такого перемещения может образоваться чаша будущего океана шириной в 4000 км.

Однако до сих пор у сторонников гипотезы расширяющейся Земли не было доводов, с помощью которых они могли бы объяснить, почему Земля расширяется. Теперь такие доводы есть.

Напомним прежде всего (и мы к этому еще вернемся), что Вселенная на 98 % состоит из водорода, т. е. из элемента, рождающего воду. На 98 % из водорода состоит и наша Земля. Он пришел к нам вместе с теми частицами холодной космической пыли, из которой образовались все планеты Солнечной системы.

А среди этих частиц находились и атомы металлов.

Вот тут-то мы и сталкиваемся с интереснейшим явлением. Оказывается, металлы способны поглощать огромное количество водорода - десятки, сотни и даже тысячи объемов на один свой объем. Далее: чем больше водорода поглощает (или присоединяет) металл, тем плотнее он становится, т. е. все более уменьшается в объеме. Да, мы не оговорились - уменьшается. Так, щелочные металлы, присоединяя водород, уменьшаются в объеме в 1,5 раза уже при атмосферном давлении. Что же касается других металлов (например, железа и никеля, из которых, по мнению ученых, сложено ядро Земли), то при нормальном атмосферном давлении (10^5 Па) уменьшение объема у них весьма незначительно.

Однако по мере уплотнения пылевого облака происходило его гравитационное сжатие, и давление внутри прото-Земли возрастало. Соответственно росла и степень поглощения водорода металлами группы железа. Сжатие порождало антипод давления - разогрев. А так как наибольшему сжатию подвергались центральные области образовавшейся планеты, то там стремительнее росла и температура.

И вот на какой-то стадии разогрева, когда температура в ядре Земли достигла определенного критического значения (переход количественного роста в новое качественное состояние!), начался обратный процесс - выделение водорода из металлов.

Распад металловодородистых соединений, т. е. восстановление металлических структур, вызвал резкое увеличение объема вещества ядра Земли. Расширение металлического ядра проявилось с такой силой, что мантия и кора планеты, не выдержав, дали трещины. Таким образом, дегазация водорода сопровождалась расширением Земли. Между тем водород, пронизывая огромную толщу планеты, захватывал по пути атомы кислорода, и на поверхность ее вырывались уже пары воды. Конденсируясь, вода заполняла разломы в коре. Постепенно образовались океаны.

Итак, шесть гипотез происхождения земной воды. Со временем выяснится, в какой из них истина. Возможно, окажутся верными все шесть, в какой-то степени каждая. Пока же вопрос "Откуда взялась вода на Земле?" остается открытым.

Зодчий планеты

Установлено, что земная кора образовалась 4,5 млрд. лет назад. И если вода образовалась вместе с корой, то все эти 4,5 млрд. лет на земную поверхность падали дожди.

Маленькая, безобидная на вид дождевая капля... Как любим мы подставлять ей свои ладони! Нет, теперь-то мы знаем, насколько обманчива эта безобидность. Не случайно говорят, что вода по капле камень долбит. Падая с большой высоты, капли воды с течением времени способны обратить в песок самую крепкую горную породу. Тем более, если они будут падать одна за другой в течение 4,5 млрд. лет!

При падении капли на поверхность камня проявляются два уникальных свойства воды: самое высокое среди всех известных жидкостей поверхностное натяжение (т. е. прочность оболочки, в которую одета капля, "бронебойная" способность капли) и универсальная способность растворять все существующие на Земле вещества (не исключая и благородные металлы!).

День и ночь дожди непрестанно долбили, разрушали, растворяли и обращали в песок, а потоки воды столь же неутомимо смывали в океан горные хребты, плоскогорья, целые материки. Вода стремилась выровнять, сгладить земную поверхность. И если бы эта цель в конце концов была достигнута, то ныне Земля являла бы собой печальное зрелище: идеально гладкий каменный шар, покрытый сплошным океаном глубиной 3-5 км.

На наше счастье, воде столь же упорно противостоит деятельность тектонических сил, которые снова и снова вспучивают земную кору, вздымают над морскими водами новые материки, горные хребты. Правда, природа самих тектонических сил остается волнующей загадкой. Так отчего же нам не предположить, что тектонические силы есть порождение деятельности... глубинных вод? С этим предположением отлично согласуется гипотеза расширяющейся Земли. Вода, возникшая благодаря дегазации водорода, находится в подкоровом веществе в предельно сжатом состоянии, она подобна до отказа закрученной пружине. И пружина эта пытается то тут, то там разорвать сдерживающий ее панцирь.

Не странно ли: вода порождает материки с тем, чтобы самой их и уничтожить. Какая на первый взгляд необъяснимая, противоречивая деятельность! А в итоге наша планета непрерывно меняет свой лик. Проходят миллионы лет, и там, где был материк, уже плещутся воды океана. Но зато там, где

расстилалась водная гладь океана, подымается новая суша. Так, быть может, исчезнут со временем Европа, Азия, Африка, обе Америки. Для человечества далекого будущего наименования и очертания сегодняшних континентов превратятся в историю.

Вода - могучий и неутомимый зодчий планеты. Вода - олицетворение диалектического единства и борьбы противоположностей.

Истопник планеты

Ни одно вещество на Земле не обладает способностью поглощать тепло так жадно и в таком количестве, как вода. Чтобы превратить в пар 1 кг воды, необходимо затратить 2260 кДж тепла. Конденсируясь, пар возвращает эти 2260 кДж в окружающую среду.

Обогреваемая лучами солнца, каждая капля воды на Земле превращается в своеобразный аккумулятор тепла. Представьте теперь, каким гигантским аккумулятором тепла является весь Мировой океан! Аккумуляторами тепла являются каждое озеро, река пруд, водохранилище.

Подсчитано, что с поверхности океанов и суши испаряется за год 520000 км^3 воды. В виде пара она улетучивается в атмосферу чтобы превратиться затем в 520000 км^3 дождя, снега, льда.

Циклоны и антициклоны способствуют переносу водяных паров, а вместе с ними и накопленного тепла, из экваториальных Горячих областей земного шара в области более холодные, с умеренным и полярным климатом. Если еще добавить перенос тепла морскими течениями, мы получим полную картину выполнения водой одной из важнейших глобальных "обязанностей" - истопника планеты.

Таким образом, Мировой океан (вода!) не только колыбель жизни, но и заботливая ее няня. Благодаря океану атмосфера превратилась в надежное теплое одеяло, укрывающее тело планеты и защищающее его от космического холода.

Воде мы обязаны своим появлением и своим существованием. Однако нельзя забывать и о другом океане, о подземном. Если наземный, Мировой океан аккумулирует тепло, поступающее на Землю извне, от Солнца, то подземный, скрытый от нашего взора океан, обладает возможностью снабжать нас теплом из внутренних источников планеты.

Горячая вода выплескивается на поверхность во многих странах. Геотермальные воды использовали еще древние римляне в своих знаменитых банях. Ныне водой и паром горячих источников отапливается самая северная столица - Рейкьявик. С помощью тепла, доставляемого водой из недр земных, приводится во вращение все большее число турбин ТЭЦ (Италия, Новая Зеландия, США). Как утверждают американские специалисты, мощность геотермальных электростанций США к 2000 г. возрастет до 390 млн. кВт. Это больше, чем нынешняя суммарная мощность всех электростанций страны (350 млн. кВт).

Горячими источниками природа щедро одарила и нашу

страну. Особенно много их в районах вулканической деятельности - на Камчатке и Курильских островах. Здесь близ Петропавловска-Камчатского создан первый в Советском Союзе геотермальный теплично-парниковый комбинат. Овощи в нем зреют независимо от времени года. Там же действует и первая в стране Паужетская геотермальная электростанция мощностью в 5000 кВт.

Но если на Камчатке и Курилах горячая вода приходит к людям естественным путем, так сказать "самотеком", то на Кавказе ее получают из буровых скважин. Столица Дагестана г. Махачкала частично теплофицирован именно такой подземной водой.

Какими же ресурсами термальных вод располагает наша страна? Советские ученые обнаружили много подземных артезианских бассейнов горячих вод, способных дать 22-24 млн. $м^3$/сут. Температура воды в них от 40 до 200 °С, глубина залегания до 3,5 тыс. м. При этом более половины всех разведанных термальных вод страны приходится на Западную Сибирь. Оказалось, что добывать их можно даже в районах... вечной мерзлоты!

Итак, под нашими ногами океан тепла. Прикрытый гранитной оболочкой, этот океан лишен возможности непосредственно согревать воздушное покрывало Земли. То, что сегодня выплескивается в виде гейзеров или из буровых скважин, - жалкие крохи истинных резервов даровой энергии. Но придет время, и подземное тепло будет добываться в глобальных масштабах. Буровые скважины пронижут Землю на глубины в десятки километров. По тысячам и тысячам труб на поверхность хлынут настоящие реки горячей воды и пара.

С помощью этого дарового тепла человечество окажется в состоянии растопить льды Заполярья. Быть может, именно использование неисчерпаемого подземного тепла сделает Человека хозяином климата и погоды. Вполне возможно, что произойдет революция и в теплоснабжении всего народного хозяйства. Не вытеснит ли подземное тепло все прочие источники тепловой энергии вплоть до атомных?

Фильтр атмосферы

Еще не раз мы упомянем об удивительной и универсальной способности воды растворять все (!) вещества, существующие на Земле, правда, в разных количествах и за различное время. Для растворения одних достаточно долей секунды, для других могут потребоваться столетия.

Теперь вообразите, сколько тысяч и тысяч вулканов в течение всех геологических эпох выбрасывали в атмосферу Земли ядовитые газы и пыль. Если бы все это оставалось в воздухе, ни один луч солнца не смог бы сегодня проникнуть сквозь плотную, черную мглу, окутавшую планету. Ни один бы микроб не выжил в ядовитой среде, не говоря уже о животном или растительном мире...

Однако, опять-таки на наше счастье, сколько лет действуют вулканы, столько же лет низвергаются на землю дожди. Пронизывая воздушную оболочку планеты, капли воды захватывают пыль и растворяют в себе ядовитые газы. Каким свежим бывает воздух после дождя!

Ныне деятельность вулканов дополняется не менее бурной "деятельностью" заводских труб и выхлопных труб автомобилей. Катастрофически растет загрязнение воздуха уже при участии человека. И дождям все труднее справляться со своими фильтрующими "обязанностями".

Возникает вопрос: если вода растворяет все газы, находящиеся в атмосфере Земли, так почему же она не растворит в себе самую атмосферу, сквозь которую падает дождем. Дело в том что воздух, окружающий Землю, тоже растворяется в воде, но только он непрерывно восполняется растительным покровом планеты. К тому же количество растворяющегося в воде газа определяется степенью насыщения, т. е. ограничено.

Конечно, напрашивается возражение: дожди пронизывают атмосферу не тысячи и даже не миллионы, а миллиарды лет. Поэтому даже при самой низкой степени насыщения у воды имелись время и возможность растворять в себе всю газовую оболочку планеты.

Нет, такого произойти не могло. И не только благодаря восстановительной деятельности растительного мира. Безвозмездное поглощение воздуха привело бы к непрерывному снижению атмосферного давления, что в свою очередь вызвало бы бурное выделение из воды растворенных в ней газов.

Вот вам еще одна глобальная обязанность воды - своеобразное реле давления атмосферы. Давление окружающего

нас воздуха с очень незначительными колебаниями имеет постоянную величину, равную 101 кПа (или 760 мм ртутного столба).

Неисчерпаемый рудник будущего

Всерастворяющая способность воды превратила Мировой океан уже в процессе его формирования в уникальную кладовую химических элементов. На сегодня в морской воде обнаружено 70 химических элементов из 106 известных.

В 1 м^3 воды океана содержится 5,5-5,7 мг золота. Концентрация ничтожная, но в пересчете на весь Мировой океан это составит 8 млрд. т - слиток, из которого можно было бы воздвигнуть 200 пирамид Хеопса высотой 150 м и площадью основания 40000 м2 каждая!

В 1 м^3 воды океана содержится примерно 3 мг урана - миллиарды тонн во всем океане. Несметное богатство! Только путь к нему пока надежно прикрыт чрезвычайно малой концентрацией. Попытки добывать золото из океана предпринимались не раз. В 1920 г. в глубочайшей тайне в Германии был даже создан комитет по извлечению золота из воды, возглавляемый известным химиком Фрицем Габером, тем самым, который сумел осуществить синтез аммиака из водорода и атмосферного азота, а впоследствии стяжавшего себе славу основоположника химической войны. Однако восемь лет труда не принесли Габеру успеха, создать эффективный способ для извлечения золота ему так и не удалось.

Вообще-то источником химического сырья океан стал давным-давно. Извлекать из моря поваренную соль люди научились еще в седой древности. И поныне море дает ее до 1/3 всей мировой добычи. В наше время из морской воды добывают 4 % всего производства серы, 61 % всего магния, 70 % - брома.

Но что касается золота и урана, вопрос остается открытым и по сей день. Однако угроза дефицита атомного топлива заставляет ученых все пристальнее поглядывать на его морские "залежи". Предполагается, что к 2000 г. урана понадобится 3,7 тыс. т, а добыча его достигнет всего 2,7 тыс. т. Есть над чем призадуматься. Не останавливать же часть атомных электростанций.

И вот ученым удалось получить первые граммы урана из вод ряда морей и Тихого океана. Для этой цели был разработан так называемый сорбционный метод, при котором морская вода пропускается через слой зернистого нерастворимого и прочного вещества - сорбента, способного избирательно задерживать только уран. Такое Габеру и во сне не снилось!

Можно предполагать, что уже к 2000 г. появится новая "океано-рудная" добывающая промышленность - комбинаты по

извлечению из морских вод не только урана, но и золота, магния, меди, цинка...

Так в недалеком будущем Мировой океан превратится в основной рудник самых дефицитных химических элементов.

Вода и человек

Оказывается она дефицитна

В последнее время все чаще и тревожнее поговаривают о недостатке воды. Дефицит воды на самой водной планете Солнечной системы! Не парадокс ли это?

Оказывается, не парадокс. Только речь идет не о воде вообще, а о той, без которой человек обойтись не в состоянии, - о пресной воде. Ее-то на Земле и не так уж много. К тому же основные запасы пресной воды представляют собой ледники горных вершин и льды Арктики и Антарктиды. Там ее "захоронено" 24-25 млн. км^3, или 97 %. Использовать ледниковую воду человечество пока не в состоянии. В нашем распоряжении лишь вода рек, озер и разных водоемов, "всего" каких-то 876000 км^3 (порядка 3%). Но и эти "лишь" распределены по земной поверхности крайне неравномерно. Существуют районы, где количество осадков превышает количество испаряющейся воды. Это северные районы СССР, США. Канады, большинство областей тропической зоны Южной Америки и Африки.

В то же время на Земле немало пустынь и полупустынь, где годами не бывает дождей. Например, в местах расположения Асуанской ГЭС дожди не выпадают десятилетиями. Такие зоны составляют до 60 % суши, они захватывают США, Бразилию, Чили, Алжир, Иран...

Все убыстряющийся рост народонаселения, бурное развитие промышленности, увеличение площадей орошаемых сельскохозяйственных земель вызывает стремительно растущий спрос на пресную воду. И вот ее уже катастрофически не хватает.

В США "районами национального бедствия" объявлены Калифорния, Техас, Пенсильвания, Колорадо и другие штаты. От недостатка пресной воды эпизодически страдают крупнейшие города мира: Нью-Йорк, Токио, Париж, нуждаются в пресной воде и некоторые районы СССР. Мир вступил в полосу надвигающегося "водного голода".

Грозная опасность

Пресной воды пока еще хватало бы, если бы мы не засоряли колодец, из которого только что напились, забыв, что жажда заставит снова к нему возвратиться.

Сточные воды канализационных систем и отходы промышленных предприятий сбрасываются в те же реки и озера, из которых города и заводы снова берут воду для своих нужд. Загрязнение рек, озер, морей и уже океанов грозной опасностью нависло над человечеством.

Только в одно оз. Эри каждый день р. Детройт приносит 9 млн. кг отбросов из 12 городов США и Канады. Миллионы рыб гибнут в жиже из мазута, грязи, отбросов и сточных вод. Вся эта масса выплескивается на берег, на городские пляжи.

Оз. Эри мертво... Умирают и другие великие озера США. Районы, для которых они являются источниками пресной воды, стоят на грани катастрофы.

В водопроводную сеть Нью-Йорка поступает вода, почти дважды побывавшая в употреблении - р. Гудзон не успевает вынести сбросы в море, и они вновь захватываются насосами водопроводной станции. Естественно, такая вода не пригодна не только для питья, ею нельзя умываться. Питьевую воду жители Нью-Йорка покупают в магазинах, она продается в бутылках.

Подобное положение и во многих других городах США. Рынок сбыта чистой воды превращается там в источник бизнеса.

Швеция - страна горного воздуха и кристально чистых озер.

В 1963 г. на горном курорте Церматт разразилась эпидемия тифоидной лихорадки. Заболело 310 человек, двое из них умерли. Все отели в Церматте были закрыты. Источник инфекции был найден - питьевая вода из "кристально чистых" озер. Увы, озера оказались зараженными сточными водами. Великолепное Женевское озеро умирает. Рыбы в нем уже почти нет. По поводу Женевского озера микробиологи невесело шутят: "Слишком густое для питья и слишком жидкое для пахоты!"

Рейн - важнейшая водная артерия Западной Европы. Ежегодно воды Рейна "транспортируют" до 120 т железа, 85 т ртути, 1000 т мышьяка, 1500 т свинца. С промыслом рыбы на Рейне давно покончено. Для Нидерландов загрязнение Рейна приобрело трагические последствия. Там воду из Рейна не только нельзя пить, но даже белье домохозяйки стирают в минеральной воде, привозимой... из Норвегии!

Средиземное море - самое грязное море на Земле. По сути, оно превратилось в гигантскую сточную канаву. Степень

загрязнения в нем достигла опасного предела и ставит под угрозу жизнь не только обитателей моря, но и людей, населяющих побережье. По мнению специалистов, если загрязнение вод Средиземного моря будет продолжаться нынешними темпами, его флора и фауна полностью погибнут в течение ближайших 30 лет.

Балтийское море - одно из самых малых морей, длина его береговой линии составляет примерно 20000 км. Но вдоль этой линии соседствуют высокоразвитые государства. На берегах Балтийского моря стоит более 60 крупнейших промышленных городов. В Балтику несут свои мутные воды 200 рек.

Трудно в полной мере представить масштабы загрязнения этого моря. В Копенгагене и многих других городах Дании канализационные воды сбрасываются в Балтику без всякой предварительной очистки. Без очистки сбрасывают промышленные отходы и основную массу фекалий Швеция, Финляндия, ФРГ. "Когда плывешь по Балтике, - пишет датский эколог Аксель Эллхаммер, - приходится буквально продираться сквозь мусор. В Балтийском море можно теперь плавать без компаса, ориентируясь по мусору".

А как обстоят дела с океаном?

Исследователи океанических глубин со дна Пуэрториканской 8-километровой впадины вместе с уникальными, еще неизвестными науке породами рыб, извлекли... бидоны с краской, банки из-под фруктовых соков и пива, пустые бутылки, электрические батареи!

В водах Карибского моря обнаружили ДДТ, которым опыляли плантации Африки. Близ Гренландии в морских водах нашли остатки туалетной бумаги, неизвестно откуда приплывшей.

Во время своего легендарного плавания на папирусной лодке "Ра" норвежский исследователь Тур Хейердал обнаружил, что поверхность Атлантики загрязнена стоками промышленных и бытовых отходов на всем протяжении от Европы до Америки.

Однажды жители Форт-Майерса (штат Флорида, США) были поражены, увидев море красным: на поверхности плавало множество мертвой рыбы. Выяснилось, что кровавая окраска вызвана внезапным "нашествием" полурастительных, полуживотных организмов - дипофлагеллатов. Бурному размножению этих паразитов способствовало повышение концентрации кобальта, фосфора, азота и витамина В-12 в прибрежных водах. Цветение воды сопровождалось выделением ядов. Рыба дохла, разлагалась, превращаясь в дополнительный корм для дипофлагеллатов. В Форт-Майерсе перестали ловить рыбу. Сюда больше не заглядывают туристы.

На загрязнении океанов сказалось и уникальное свойство

воды растворять в себе газы. Установлено, что в океане ежегодно вместе с дождями выпадает 200 тыс. т свинца и 1 млн. т углеводородов (содержащихся в выхлопных газах автомашин), выпадает до 5 тыс. т ртути (добавляемой в горючее и используемой при производстве бумаги).

По свидетельству Г. Холла, в Мировой океан ежегодно сбрасывается столько железа, сколько его расходуется для производства половины всей выплавляемой в мире стали!

Мы не будем приводить известные читателю данные о загрязнении океана нефтью, которая выбрасывается из терпящих кораблекрушение танкеров или из буровых установок...

А как обстоят дела в нашей стране?

В Советском Союзе охрана окружающей среды взята под контроль государства.

В марте 1972 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление "О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами". И ныне крупные комплексы очистных сооружений работают в Перми, Волгограде, Горьком, Куйбышеве, Калинине; их общая пропускная способность более 7 млн. $м^3$/сут.

В январе 1976 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление "О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей".

Приняты меры по очистке р. Москвы. Под улицами Москвы протянулась длиннейшая в мире сеть подземных каналов общей протяженностью в 5000 км. По ним загрязненная вода пошла на фабрики восстановления. С поверхности р. Москвы навсегда исчезли радужные нефтяные пятна, вода стала прозрачной и чистой. Сейчас в р. Москве водится 20 видов рыбы, в том числе лещ, судак, жерех, карп, окунь... Начали разводить форель - самую требовательную к чистоте воды рыбу.

Итак, чистота источников пресной воды превратилась для человечества в глобальную проблему номер один. Но даже если наукой и будет достигнута всеобщая стопроцентная очистка сбрасываемых вод, угроза "водного голода" будет лишь отодвинута, но не устранена. Дело в том что спрос на чистую воду с каждым днем все более опережает возможности его удовлетворения. Куда же расходуется пресная вода?

Сколько воды вытекает из крана вашей квартиры

Мы пьем ее, утоляем жажду. Как уже говорилось, человек за год выпивает количество воды, равное пятикратной массе его тела.

Для питья и приготовления пищи расходуется не так уж много: 2-3 л/сут на каждого жителя Земли. Но кроме того вода необходима и для других целей: стирки белья, бани, ванны, мытья полов, поливки улиц и т. д.

В средние века каждый городской житель расходовал в среднем 10-15 л/сут. Сейчас, когда комфорт наших жилищ неизмеримо возрос, бытовое потребление пресной воды достигло 150-600 л/сут на человека (в зависимости от культурного уровня государства). В нашей стране за годы Советской власти расход воды на каждого жителя увеличился в среднем в 13 раз.

На каждого москвича с учетом всех нужд в сутки расходовалось:

1890 г. 11 л
1914 г. 60 л
1926 г. 85 л
1959 г. 571 л
1980 650 л

Если даже взять некоторую условную среднюю величину 400 л/сут и умножить ее на все население земного шара (3,5 млрд. человек), то получится астрономическое число - $14*10^8$ $м^3$ пресной воды в сутки! К 2000 г. население планеты удвоится и составит 7 млрд. человек. К середине XXI века оно перевалит за 20 млрд.

Так что даже обеспечение личных (бытовых) потребностей в пресной воде представляет сложнейшую техническую проблему. Но бытовое потребление составляет ничтожную долю от общенационального потребления.

Общенациональное потребление

Главными потребителями воды ныне являются бурно развивающаяся промышленность и сельское хозяйство. Современный металлургический или целлюлозно-бумажный комбинат расходует воды больше, чем город с населением в 100-200 тыс. человек.

Вот показатели потребностей производства некоторых видов сырья в воде:

1 т стали 120 м3

1 т бумаги 900 м3

1 т резины 1500 м3

1 т синтетики 2000 м3

Если бы нужды москвичей ограничивались только питьевой водой, столичному водопроводу было бы достаточно подавать около 15400 $м^3$ воды в сутки. В действительности же московский водопровод подает 5 млн. $м^3$/сут, 58 $м^3$/с, т. е. в 325 раз больше.

Сегодняшняя норма пресной воды с учетом промышленности и сельского хозяйства составляет на одного человека во Франции 1200, а в США 6500 л/сут.

Перед человечеством встала проблема: где взять дополнительные источники пресной воды?

Подземные источники

Подземными источниками люди пользовались на протяжении всей истории своего существования. Какое село, даже современное, обходится без колодца? А кому из нас не доводилось испить студеной, прозрачной, как воздух, родниковой водицы?

Но речь идет не об этом, а о промышленной добыче подземной пресной воды, о том, чтобы на поверхность хлынули реки, соизмеримые по своему стоку с реками наземными: Волгой, Амазонкой, Нилом. Поиски таких вод увенчались успехом. Гидрогеологи обнаружили настоящие моря подземной пресной воды. Так, в нашей стране под Западно-Сибирской низменностью было открыто "водохранилище" площадью в 3,5 млн. км^2, что составляет примерно 1/3 территории Европы. Под Туркменией раскинулось "водохранилище", превышающее по площади Аральское море. Запасы пресных вод под безводными пустынями Казахстана составляют более 65 таких озер, как Балхаш. Установлено, что в подземных морях Казахстана сосредоточено пресной воды порядка 60 млрд. м^3.

В нашей стране сток с территории площадью 20 млн. км2 составляет 1000 км3. Неисчерпаемый источник!

По данным гидрогеологов, запасы подземных вод в земной коре только до глубины 800 м составляют примерно 4 млрд. км^3. Чтобы заполнить такой объем, все реки Земли должны сливать свои воды в течение 100 лет!

Подземные моря пресной воды обнаружены на всех материках и под всеми пустынями. Существует такое море и под самой безжизненной, самой обширной пустыней Сахарой.

Однако начавшееся интенсивное использование пресных подземных вод очень часто сопровождается непредвиденными осложнениями: вслед за пресной водой на поверхность вдруг устремляется и соленая.

Не будем удивляться. Подземные пресные моря - лишь тоненькая пленка на поверхности того безжизненного и неисчерпаемого океана, который пропитывает недра Земли и в существовании которого мы уже не сомневаемся. Своим вмешательством человек нарушает какое-то установленное природой равновесие между пресными и солеными подземными водами. Сначала, очевидно, предстоит познать закономерности этого равновесия, и только тогда будет открыт путь в подземные кладовые пресной воды для ее промышленного использования.

Другим немаловажным последствием использования

подземной воды является возможное проседание грунта, опускание земной поверхности. С этой неожиданной проблемой столкнулись такие страны, как США (особенно штат Калифорния), Япония, Италия. Причина опускания - образование пустот, рыхлость почвы. Проседание захватывает значительные площади и может изменяться по глубине от нескольких сантиметров до нескольких метров в год. В результате опускания почвы рушатся здания, приходят в негодность дороги и каналы, рвутся трубопроводы... Особенно печальным примером этого является опасность, нависшая над одним из прекраснейших городов мира - Венецией. Исстари ее население брало воду из артезианских колодцев (других источников пресной воды город не имеет). Увеличение числа населения, а главное - бурный рост промышленности в черте города привели к резкому повышению потребления пресной (подземной) воды. И вот проседает весь город с его великолепными храмами, дворцами, музеями. А так как расположен он в основном на островах, то судьба ему уготована трагическая: разделить участь мифологической Атлантиды, т. е. превратиться в дно морское.

Такая же участь постигает и другой древний город - столицу Таиланда - Бангкок, который возвышается над поверхностью Сиамского залива всего на 1,5 м.

Существование подземных морей пресной воды явилось одним из сенсационных открытий XX в. И, конечно же, гидрогеологи не могли пройти мимо такой странной закономерности: под каждой мертвой пустыней непременно расстилается море пресной воды!

Какая тут связь и взаимообусловленность?

Вот бесспорный факт, установленный наукой: Сахара, величайшая пустыня Земли, в течение последних тысячелетий дважды меняла свой лик. Дважды она покрывалась буйной тропической растительностью, дважды на ней появлялись леса, возникали широкие глади озер, устремляли к океану свой бег полноводные реки. Трудолюбивые феллахи возделывали плодородные поля вокруг богатых многолюдных городов, а бедуины пасли стада на тучных нивах. Леса кишели дичью, зверьем, а в реках не переводилась рыба. И дважды исчезали озера, пересыхали реки, выгорали травы и леса. Зеленый благодатный край постепенно угасал, обращаясь в раскаленную мертвую пустыню. Под солнцем лежал только голый камень да песчаные барханы... Но, может быть, подобное происходило и с каждой пустыней? В чем дело? Что тут можно предположить?

Верхняя граница подземного моря, например, в Каракумах находится на глубине всего 30 м от песчаной поверхности

пустыни. В Сахаре же эта глубина достигает 150-200 м. Не свидетельствует ли столь заметная разница в уровнях о возможности периодического воздымания и опускания подземных морей? Не имеют ли место в недрах нашей планеты своеобразные приливы и отливы воды в вертикальной плоскости? Что касается причин, способных их вызвать, то ими могут быть тектонические силы.

Если уровень подземных морей действительно периодически меняется (с периодом опускания и воздымания 2-3 тыс. лет), тогда становится легко объяснимым столь же периодическое появление пустынь на Земле и неотвратимое возвращение их к жизни.

Сочетание пустынь с подземными морями переплетается еще с одной закономерностью: в одних широтах с пустынями расположены высочайшие горные хребты, самые глубокие разломы земной коры (типа средиземноморского) и очаги самых разрушительных землетрясений.

Выше мы уже высказали предположение, что тектонические силы есть результат безостановочного процесса образования воды. Продолжая эту мысль, на основании приведенных закономерностей мы утверждаем, что вода не только вздымает материки, но и устилает их мертвыми, безводными пустынями. Вода - первооснова всего живого, и она же - творец безжизненных пустынь.

Голубые артерии

Современное развитие гидравлической техники позволяет осуществлять переброску пресной воды по трубопроводам и каналам из районов чрезмерно обильных водой в засушливые районы.

Бесспорным творением века является Каракумский канал, длина которого в 1980 г. достигла 1050 км. Он не единственный в нашей стране.

Голубые живительные артерии вдоль и поперек пересекают некогда безжизненные пустыни Средней Азии. Работает Каршинский канал с шестью насосными станциями, подающими 200 $м^3/с$ воды на высоту 132 м.

Несут живительные воды Большой Андижанский канал, Большой Наманганский, Иски-Ангарский, Аму-Бухарский...

На 458 км протянулся канал Иртыш - Караганда, принесший воду в бурно растущий г. Экибастуз и положивший конец дефициту воды на металлургическом комбинате Темиртау и в г. Караганде. Завершены работы по строительству первой очереди Северо-Крымского канала. Днепровская вода, проделав путь свыше 400 км от Каховского водохранилища до Керчи, пришла в засушливые районы Крымского полуострова. На 480 км протянулся Большой Ставропольский канал, несущий воду из р. Кубани.

Если бы существовали марсиане, то, наблюдая Землю, они бы обнаружили на территории нашей страны те "марсианские каналы", которые в 1877 г. открыл на Марсе итальянский астроном Джованни Скиапарелли.

Достоинство каналов состоит в том, что кроме доставки воды они выполняют роль транспортных путей, по которым движутся речные суда. К тому же они становятся прибежищем для рыб.

Но есть у каналов и недостатки. Покрыть всю страну каналами - значит, отнять у нее значительную площадь, пригодную под пашни, сады, плантации. В каналах имеют место потери воды на фильтрацию в почву, на испарение с поверхности. Русла каналов подвержены заилению, покрытию водорослями.

Существует другой способ транспортировки воды, избавленный от всех перечисленных недостатков, - это трубопроводы. Некогда самыми уникальными в мире считались три трубопровода протяженностью 400, 600 и 900 км, снабжавшие пресной водой г. Лос-Анджелес (США). Но сегодня они выглядят весьма скромными сооружениями в сравнении с той единой централизованной системой трубопроводного снабжения, которая

создана на целинных земляк Казахстана. Только по землям Северо-Казахстанской области разветвилось 7800 км трубопроводов. К ним добавилось еще 1200 км, охвативших Кокчетавскую, Кустанайскую, Павлодарскую, Тургайскую и Целиноградскую области.

И, наконец, следует сказать еще об одной идее будущего - транспортировке айсбергов. Наибольшую популярность получила идея буксировки из антарктических вод в Австралию, в западные районы Южной Америки и на Средний Восток. Существуют уже чисто инженерные проекты с экономическими обоснованиями. Дело за исполнением.

Можно, однако, предложить более рациональное решение: использовать тепло атома для превращения льда Антарктиды в воду на самом материке, а затем транспортировать воду по трубопроводам, проложенным по дну океана.

Все перечисленные нами виды транспортировки воды имеют общий недостаток: они не увеличивают общего запаса пресной воды, не решают глобальной проблемы назревающего "водного голода".

Опреснение соленых вод

Самое древнее, а в наши дни самое перспективное получение резервов пресной воды - это дистилляция, выпаривание морских вод. Основное достоинство этого способа - неиссякаемый источник - Мировой океан.

Опреснение морской воды заманчиво еще и потому, что в качестве осадков после выпаривания остаются такие ценнейшие вещества, как золото, платина, уран, титан и все прочие элементы, входящие в периодическую систему Д. И. Менделеева. Высокая насыщенность этими веществами отходных рассолов со временем превратит выпаривание не только в источник пресной воды, но и в один из вспомогательных способов добычи редких элементов из океанических вод.

Крупнейшая в мире опреснительная установка была построена в начале 60-х годов в Советском Союзе на берегу Каспийского моря. Ныне она представляет собой уникальный комбинат по производству пресной воды. В ней трудится мирный атом, первый реактор на быстрых нейтронах. В безводной и бесплодной пустыне, щедро снабжаемой живительной влагой, возник город-сад, город-цветник. Он разительно контрастирует с мертвым ландшафтом пустыни, появляется перед взором путника, подобно сказочному оазису. Этот современный город химиков и нефтяников с многотысячным населением назвали именем великого украинского поэта Шевченко. Сегодня на каждого жителя г. Шевченко приходится 400 л опресненной воды в сутки.

Существуют методы опреснения, которые не требуют ни нагревания, ни охлаждения.

Знаете ли вы, как в древности поступал путник, мучимый жаждой и нашедший в безводной пустыне родник с солоноватой, не пригодной для питья водой? Он вырывал поблизости достаточно глубокую яму, и просочившаяся в нее из родничка вода оказывалась достаточно пресной. Секрет очень прост - грунт играл роль своеобразного фильтра и очищал воду не только от грязи, но и от растворенной в ней соли. Как это происходит?

Дело в том что в водном растворе молекулы солей распадаются на ионы - катионы и анионы. Правда, количество диссоциирующихся на ионы молекул для разных солей будет разным. Соли сильных кислот (например, соляная кислота плюс каустик) распадаются на ионы полностью.

А теперь представьте, что и вещество, сквозь которое фильтруется соленая вода, тоже способно диссоциировать в воде.

Тогда неизбежна ионообменная реакция между фильтрующим веществом (его называют сорбентом) и раствором соли. Итог реакции - пресная вода.

Существуют естественные сорбенты. Это уже упомянутый нами грунт пустыни. Но естественные сорбенты обладают низкой поглощающей способностью, они дают мало пригодную для питья воду и быстро загрязняются, т. е. теряют очистительную способность.

В этом отношении человек оказался сильнее природы. В химических лабораториях созданы ионообменные смолы - катиониты и аниониты, обеспечивающие полное обессоливание воды. Разумеется, выбор той или иной смолы зависит от типа растворенных в воде солей.

В принципе сорбционный способ опреснения воды подкупающе прост. Но даже лучшие синтетические ноните недостаточно эффективны, они пригодны лишь для малозасоленных вод и не позволяют создать установки промышленного значения, т. е. им не под силу напоить целый город. К тому же эксплуатация сорбционных установок осложняется необходимостью периодической регенерации (восстановления) ионообменных перегородок.

Дальнейшее совершенствование сорбционного способа опреснения привело к созданию электродиализного метода. Мы уже говорили, что в водном растворе соли распадаются на ионы. Так вот, если в таком растворе создать электрическое поле, ионы солей устремятся к катоду и аноду соответственно знаку своих зарядов. Однако в обычном сосуде тенденция к такому направленному движению будет сводиться на нет хаотическим теплым движением молекул растворителя, т. е. самой воды.

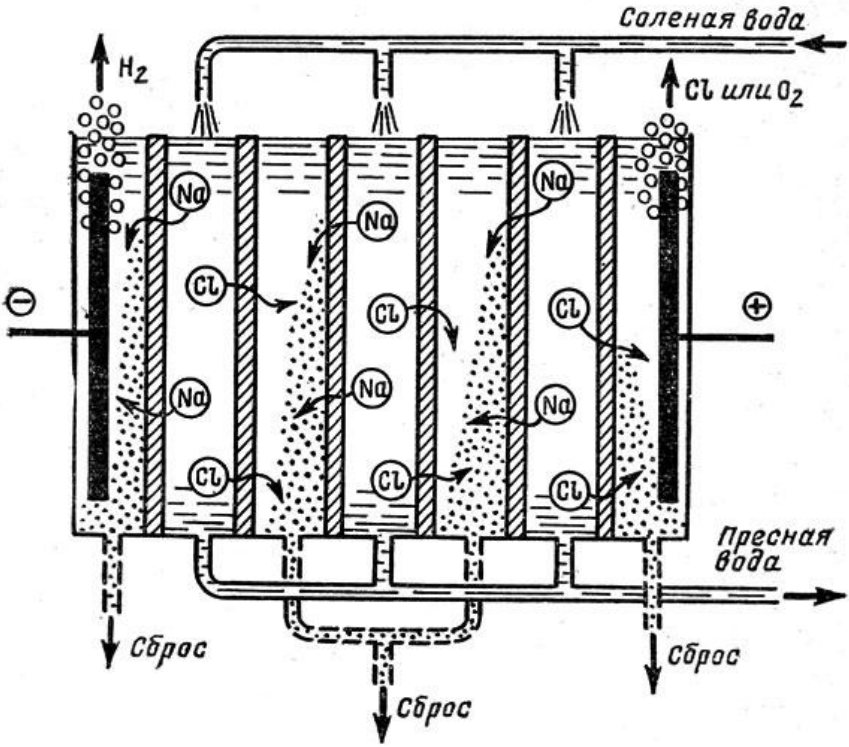

Рис. 3. Схема работы многокамерного электродиализатора

Тогда исследователи пошли на хитрость: сосуд, предназначенный для обессоливания, разделили перегородками (диафрагмами), изготовленными из ионообменных смол. Катионитовые и анионитовые диафрагмы чередуются, как это изображено на рис. 3. Диафрагмы не пропускают ни молекул воды, ни ионы солей, пока к ним не присоединяют источник тока. Как только перегородки получат напряжение, катионитовая диафрагма свободно пропустит катионы, но остановит отрицательно заряженные ионы (анионы), Зато анионитовая диафрагма, наоборот, даст путь анионам, но преградит его положительно заряженным частицам (катионам).

Процесс электроионитового опреснения приобретает, таким образом, строго организованный характер. Число камер может быть сколь угодно велико (обычно делают установки на 50-200 камер). Во ионы солей не совершают путешествия через все камеры, в этом нет необходимости. Катион, свободно минуя катионитовую перегородку, будет остановлен в следующей камере анионитовой перегородкой.

Таким образом, из каждой, например четной, камеры ионы солей выбрасываются в нечетные камеры, и в них остается чистейшая вода, которая непрерывным потоком отводится

потребителю.

Установки, работающие по описанному способу, называются диализаторами. В нашей стране созданы диализаторы производительностью до 1000 $м^3$/сут пресной воды. В южноафриканском городе Уэнкоме эксплуатируется электродиализная установка производительностью 11000 $м^3$/сут. Теперь почти на всех морских судах имеются опреснительные установки подобного типа, дающие от 1 до 200 т воды в сутки.

Замкнутый кругооборот воды

Идея замкнутого кругооборота в использовании пресной воды давно "стучится в дверь" современной техники очистительных сооружений. Без использования замкнутого кругооборота пресной воды не может быть и речи о дальних космических перелетах, тем более о путешествиях в иные звездные системы. Взять с собой запас питьевой воды на многие месяцы или годы - значит, безнадежно перегрузить космический корабль. Регенерация пресной воды при длительных космических полетах в первом приближении осуществлена уже сегодня. Первые испытания установки для этой цели провели на орбитальной станции "Салют-4" космонавты Алексей Губарев и Георгий Гречко.

Замкнутый кругооборот пресной воды внедрен на многих предприятиях нашей страны, например на автозаводе им. Ленинского комсомола, Камском автозаводе, Челябинском трубопрокатном заводе, Магнитогорском и Карагандинском металлургических комбинатах.

Вода из воздуха

В 1888 г. на раскопках в Феодосии обнаружили сеть водопроводных труб, проложенных много веков назад. Установить назначение труб труда не составило: они подводили воду к 114 фонтанам древнего города. Но откуда подводили?

Трубы брали свое начало... в кучах щебня, сложенных на самых возвышенных местах, где, кроме голого камня да ветров, ничего не было. Объяснение дали физики: пары воды, которые проносил ветер, пронизывая рыхлые кучи, конденсировались и оставляли на камнях мириады капелек воды. Несложный расчет показал, что капельки, сливаясь, низвергали в древнюю Феодосию настоящую реку пресной воды - около 700000 л/сут. Древний, испытанный и основательно забытый способ получения воды из воздуха. Природа постоянно демонстрирует его человечеству, оставляя в предутренние часы росу на траве. Эту самую росу, только искусственным путем, получали не знавшие физики, но весьма наблюдательные феодосийские умельцы. Между тем секрет получения воды весьма прост. За ночь камни и окружающий воздух охлаждались. Днем воздух нагревался быстрее, чем щебенка. Просачиваясь между холодными камнями, ветер оставлял на их поверхности то, что в технике именуют конденсатом. Подсчеты показали, что в центральной полосе СССР ветер, дующий со скоростью 5 м/с, проносит за сутки над участком длиной 100 км и шириной 1 км количество воды, достаточное для заполнения водохранилища длиной 1 км, шириной 5 м и глубиной... 60 м! Знатное получилось бы озерцо. И всего за сутки! А суховей, как это ни парадоксально, несет в себе еще больше воды, поскольку скорость его значительно выше. Он мог бы обильно орошать поля, вместо того чтобы их высушивать.

Следует ли возродить этот древний метод использования воздушного источника пресной воды? В своем первозданном виде, конечно, нет. Кто же решится покрывать поля, сады, плантации множеством громоздких каменных куч? Да и производительность такого способа нас уже никак не устроит.

Мы живем в век научно-технической революции, когда, сохранив лишь принцип получения воды из воздуха, мы можем придать ему чисто современное техническое решение. Впрочем, оно уже существует. Вспомните, что бытовые холодильники нам приходится периодически освобождать от настывшего на стенках морозильных камер снега. А что представляет собой этот снег, как не воду, извлеченную из воздуха вашей квартиры?!

Разумеется, мы не предлагаем использовать выпускаемые

нашей промышленностью холодильники вместо каменных пирамид. Техника найдет более рациональные решения. Мы можем представить себе, что в сравнительно недалеком будущем где-то в знойных засушливых, лишенных воды пустынях возникнут гигантские сооружения, которые будут превращать солнечное тепло в электрическую энергию и направлять ее в полупроводниковые соты. Здесь с помощью полупроводников произойдет превращение электрической энергии в холод. Вода из воздуха, прогоняемого через соты, потечет в накопители, а оттуда в каналы, в трубопроводы по городам, селам, полям. Солнце, раскаляющее пустыни, само же и напоит их водой. Воздушный океан станет таким же неиссякаемым источником пресной воды, как и наземный Мировой океан.

Необыкновенные свойства обыкновенной воды

Одна в трех лицах

Фалес Милетский, о котором мы уже рассказывали, первым обратил внимание на исключительное свойство воды. Это единственное вещество на Земле, способное существовать в естественных для человека условиях одновременно в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. В океанах плавают ледяные поля и айсберги. Зимой поверхности рек покрыты льдом, а в небе во все времена года мы видим облака.

Лед, вода и пары воды могут окружать нас одновременно. Они способны меняться ролями, превращаться одно в другое, но никогда не становиться на планете чем-то одним.

Счастливое исключение

Все вещества на Земле, будь это твердое тело, жидкость или газ, при охлаждении сжимаются. При замерзании любой жидкости ее отвердевшие фракции как более плотные и более тяжелые тонут, опускаются на дно. Любой, кроме воды. Вода - совсем другое дело.

Водяной пар, остывая, как и все газы, уменьшается в объеме. Кипящая жидкость, охлаждаясь, вначале ведет себя, как и все нормальные жидкости. Но едва температура ее понизится от +100°С до +4 °С, как она сразу меняет свое поведение на диаметрально противоположное: от +4°С и до полного замерзания вода расширяется, увеличивается в объеме. Объем льда на 1/11 больше объема, занимаемого водой до замерзания. Это расширение может оказаться роковым для водопроводных труб, если в них на морозе будет оставлена вода. Стальные стенки лопнут с легкостью, будто они не из стали, а из бумаги.

Вода - единственная жидкость на Земле, которая в мерзлом состоянии не тонет. А теперь представьте себе, что произошло бы, измени вода вдруг своей "ненормальности". Озера, реки, моря и океаны начали бы зимой замерзать со дна к поверхности. За зиму они превратились бы в гигантские ледяные глыбы, которые наверняка не успели бы растаять в течение летних месяцев. Все живое в морях, реках, озерах вымерзло бы. Промерзание водоемов до самого дна резко уменьшило бы количество испаряющейся воды, а с ней и количество отдаваемого в атмосферу тепла. Прекратилось бы выпадение осадков - дождя и снега. Сухая ледяная стужа от полюсов двинулась бы к экватору. И едва ли солнцу удалось бы отстоять для человечества хотя бы узенькую полоску земли, пригодную для существования. Скорее всего, наша планета превратилась бы в сплошной безжизненный ледник...

Аккумулятор тепла

Ни одно вещество на Земле не поглощает столько тепла, сколько вода. Теплоемкость воды в 10 раз больше теплоемкости стали и в 30 раз больше теплоемкости ртути.

Чтобы обратить 1 кг воды в пар, необходимо 2260 кДж тепла, больше, чем для любого другого вещества. Повесьте пустой чайник над огнем и через несколько минут он раскалится докрасна. Теперь наполните его водой. Скоро ли закипит вода? "Если смотреть на Чайник, - гласит английская поговорка, - он никогда не закипит". Но эти же 2260 кДж пар отдает в окружающую среду, конденсируясь в воду. Во всех своих трех состояниях вода - отличное средство для переноса тепла; обстоятельство, не только создавшее на Земле условия, пригодные для жизни, но и саму жизнь.

Поглотитель газов

Помните, вода - надежный фильтр атмосферы. Ни одна жидкость не поглощает газы с такой жадностью, как вода. Но она же при определенных условиях легко и добровольно расстается с поглощенными газами.

Налейте водопроводной воды в стакан и поставьте его на стол. Вскоре вы увидите, как стенки стакана покроются россыпью мелких пузырьков - это покинула воду часть растворенного в ней воздуха. В водопроводной трубе вода находится под давлением, а налив ее в стакан, вы освободили ее от этого давления.

Чем меньше давление окружающей среды или чем горячее сама вода, тем интенсивнее будет выделяться растворенный в ней воздух - свойство воды, причинявшее и продолжающее причинять крупные неприятности гидростроителям.

Пожиратель металла

1894 год... Прославленные английские корабелы спустили на воду миноносец "Дэринг". На судне установили сверхмощные по тому времени паровые машины. Проектировщики потирают руки, заранее предвкушая триумф своего детища. Еще бы! При таких-то оборотах таких огромных винтов, как показывают расчеты, "Дэринг" поразит мир скоростью своего движения. Начались ходовые испытания. Машины "Дэринга" пущены на полную мощность. За кормой корабля поднялись буруны от супервинтов. А скорость корабля... далека от расчетной. Происходит необъяснимое - судно сотрясается от вибрации. Кажется, оно вот-вот развалится. Скорость непрерывно падает. Вот уже "Дэринг" ползет, как старая парусная калоша. Испытания прекратили, миноносец отвели в док. Каково же было изумление кораблестроителей, когда вместо винтов они обнаружили бесформенные куски металла. Так техника впервые столкнулась еще с одним свойством воды - свойством "пожирать" металл.

В 1907 г. известные на весь мир океанские лайнеры "Мавритания" и "Лузитания" начали терять ход. При осмотре на винтах обоих кораблей были обнаружены язвины глубиной 6-8 см. Винты пришлось менять каждые два месяца, поскольку они теряли обтекаемую форму - вода "пожирала" их. Замена каждого винта обходилась фирме в 70000 долларов. В конечном счете плавучие "города" были поставлены на прикол.

В первую мировую войну в германском морском флоте винты на торпедных катерах работали не более недели, затем их меняли. Вновь поставленные винты уже через 24 ч работы начинали терять форму.

В США на одной из рек возвели гидростанцию. Воду подняли до проектной отметки и пустили к турбинам. Раздался грохот, словно в недрах станции начали рваться фугасы. Испуганные инженеры бросились перекрывать воду. Следов от якобы подложенных под станцию фугасов не оказалось. Зато на стенах водоподводящих туннелей тут и там были вырваны куски бетона - непонятная причина привела в ярость поток воды. Ничего подобного до сих пор гидростроителям видеть не приходилось.

Так вода стала неожиданным и непреодолимым барьером на пути увеличения скорости морских судов, вращения турбин, насосов, увеличения скорости потока в обыкновенных трубах. Она превратилась во врага номер один гидравлической техники.

Кавитация… Это замечательно!

Представьте себе горизонтальную трубу, по которой течет вода. Пусть на каком-то участке трубы из каких-то конструктивных соображений выполнили сужение. Когда поток воды будет проходить суженный участок, скорость воды возрастет.

Неизбежное возрастание скорости легко объясняется законом сохранения вещества: через каждое сечение трубы за одно и то же время пройдет одно и то же количество воды. А чтобы то же количество успело пройти через малое сечение, вода вынуждена двигаться быстрее. При этом с уменьшением диаметра трубы вдвое скорость возрастает в четыре раза, т. е. зависимость здесь квадратичная.

Увеличение скорости означает увеличение кинетической энергии потока. На основании закона сохранения энергии последняя из ничего появиться не может. Поэтому рост кинетической энергии неизбежно вызовет падение потенциальной энергии, а роль потенциальной энергии в потоке воды выполняет давление.

Таким образом, чем меньше диаметр, тем выше в нем будет скорость и тем ниже упадет давление. В наших возможностях довести диаметр до сколь угодно малых размеров. Возрастет ли при этом скорость до бесконечности? Упадет ли давление до нуля? Нет, ничего этого не произойдет.

Как только в своем падении давление приблизится по величине к давлению насыщенных паров, начнется бурное выделение растворенных в воде газов с одновременным парообразованием. Короче говоря, вода, какой бы холодной она ни была, закипит. Кипение будет сопровождаться образованием великого множества пузырьков, тех самых безобидных пузырьков, понаблюдать которые мы предлагали вам в стакане с водопроводной водой.

Подхваченные потоком воды, пузырьки устремятся из суженного участка в широкую часть трубы. Но здесь скорость движения должна резко снизиться, а давление соответственно возрасти. Увеличение давления приведет к обратному процессу: конденсации пара, растворению газов в воде, т. е. к исчезновению пузырьков. Тут-то и начинается самое неприятное. Пузырьки будут лопаться. Их стенки, смыкаясь в тысячные доли секунды, вызовут скачок давления до сотен тысяч атмосфер. Исчезая, пузырек оставляет след - гидравлический удар. Он подобен уколу иголки. Но какому уколу! И кроме того, иголок-то мириады.

В итоге "иголочки" сделают свое коварное дело: кристалл за кристаллом начнут они "съедать" металл трубы и, если им не препятствовать, то на стенке сначала появятся раковины, а затем и сквозные дыры. На рис. 4 V_1 и P_1 - скорость и давление перед сужением. При значительном сужении скорость V в трубопроводе возрастает до некоторого критического значения $V_2 = V_{кр}$, а давление падает до давления насыщенных паров $P_2 = P_{н.п.}$ Вода закипит. При выходе из сужения скорость V падает до V_3, а давление возрастет до P_3. Здесь вода и начнет "поедать" трубу. Описанное явление получило в гидравлической технике название кавитации (по латыни "кавитас" - полость, пузырь).

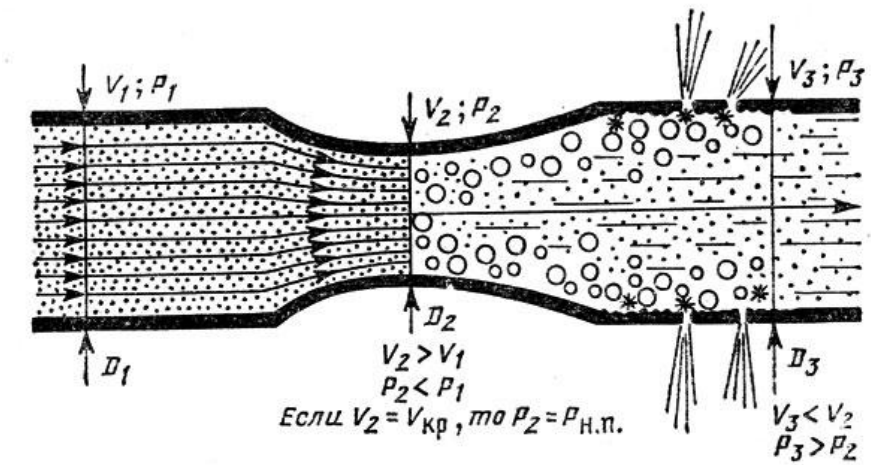

Рис. 4. Возникновение кавитации в трубопроводе

Кавитация способна возникнуть не только в сужении трубы, но всюду, где изменение профиля обтекаемого тела вызовет местное возрастание скорости, значит и местное падение давления. Тек это имеет место под крыльями речных судов типа "Ракета", ставя тем самым непреодолимый барьер скорости движения. "Ракетам" именно по этой причине не суждено выйти на рубежи 80-100 км/ч.

Кавитация - непримиримый и коварный враг гидравлической техники. Она накладывает жесткое вето на увеличение скорости потока или скорости тела в потоке. Стоит нарушить запрет, и самый прочный металл, способный выдержать даже прямое попадание бронебойного снаряда, будет обращен в пыль от воздействия пузырьков обыкновенной воды.

Говорят, что нет худа без добра. Кавитация - враг гидравлической техники. Она съедает тысячи тонн металла в год, ограничивает возможности гидравлических машин, Но она же подсказала инженерам и замечательную возможность

использования разрушительной способности пузырьков. Сначала кавитацию испытали на очистке деталей, там где не должно быть и тысячных долей миллиграмма грязи, например, на деталях часовых механизмов или электронных реле в космических кораблях. Результат превзошел все ожидания.

Затем кавитацию опробовали на чисто механической обработке - на зачистке заусенцев штампованных шестеренок часовых механизмов - операции чрезвычайно трудоемкой. И опять успех сверх всяких ожиданий.

Ныне установки для кавитационной очистки и обработки, изготовляемые в Советском Союзе, экспортируются в Болгарию, Великобританию, Индию и многие другие страны. Что касается степени очистки, то она так велика, что никакими известными способами не удается обнаружить после воздействия кавитации ни следов грязи, ни следов заусенцев.

Схема кавитационной обработки показана на рис. 5. В ванну загружаются детали; соленоид создает ультразвуковые колебания сердечника. Вибрация вызывает появление кавитационных пузырьков в жидкости.

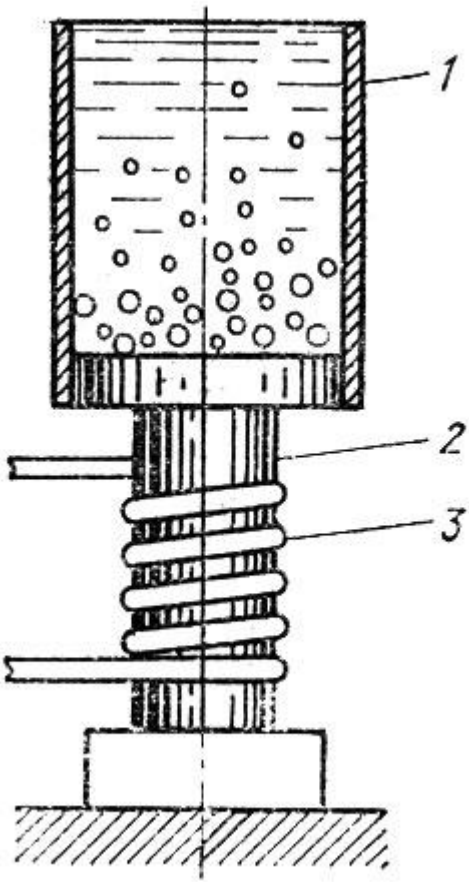

Рис. 5. Схема для кавитационной обработки деталей. 1 - ванна; 2 - сердечник; 3 - соленоид

На заводе торгового оборудования мучались с очисткой внутренних поверхностей труб. Попробовали с помощью кавитации и поразились: зеркало! Такой чистоты и в ружейных стволах не бывает.

Конечно, все это лишь первые шаги. А что ждет кавитацию в области обработки металлов завтра? Наверняка ей суждено стать самым дешевым "инструментом" для самой чистовой обработки всех металлов без исключения. И любых металлических сплавов. Даже таких, которые не по зубам современному алмазному резцу.

Прочность воды

Как представить себе прочность жидкости? А так же, как и твердого тела: она должна "работать" на деформации сжатия, растяжения, кручения, сдвига, изгиба.

Известно, что если на каждый квадратный сантиметр поверхности воды создать избыточное давление в 100 кПа, то первоначальный объем воды уменьшится на 1/21000. Величина практически ничтожная и показывающая, что при малых давлениях вода отлично "работает" на деформацию сжатия.

Но сегодняшней технике по плечу давления в десятки и сотни тысяч атмосфер. И тогда выясняется, что вода - весьма податливая жидкость. Принято считать, что вода в 100 раз менее упруга, чем сталь.

А как вода ведет себя на деформацию растяжения? В самом деле, как представить стержень из воды, который одним концом закреплен, а на другой действует растягивающая сила?! Но вспомним о поверхностном натяжении, которым обладает любая жидкость, а вода в особенности. Частицы, лежащие на поверхности, жидкости, имеют более значительные силы сцепления. Они образуют как бы своеобразную пленку, и чтобы порвать эту пленку, нужно приложить весьма заметные растягивающие (обратите внимание - растягивающие!) усилия. Чтобы убедиться в этом, попробуйте оторвать друг от друга смоченные водой стеклянные пластинки. Не удается! Их скрепляет поверхностное натяжение. Из всех известных на Земле жидкостей только ртуть обладает более мощным поверхностным натяжением.

Теоретические исследования и эксперименты над поверхностным натяжением воды привели физиков к неожиданному результату: если бы удалось создать идеально чистую воду, т. е. такую, в которой полностью отсутствовали бы механические примеси и растворенные газы, то для разрыва стержня из такой воды диаметром в 1 см потребовалась бы сила в 367,3 кН! Иными словами, идеальной воде по плечу растягивающие (и, разумеется, сжимающие) напряжения в $47745*10^5$ Па. Это, по крайней мере, в 100 раз превосходит прочность лучших известных сегодня сортов стали.

Получить идеально чистую воду пока еще никому не удавалось, и даже пути к достижению такой цели предсказать невозможно. Но если сама возможность доказана теорией, то вряд ли кто-нибудь станет отрицать ее практическое воплощение хотя бы в далеком будущем. Без сомнения, придет время, когда

сверхпрочную воду смогут получать сначала в лабораториях, а затем и на промышленных предприятиях.

И вода со временем станет отличным машиностроительным материалом. Заводы освоят изготовление из воды деталей различных машин. Эти детали будут выгодно отличаться от стальных не только сверхпрочностью, но и сверхлегкостью, будут прозрачными и, малейшие пороки в их структуре легко будет обнаружить визуально. Технология изготовления водяных деталей достигнет предельной простоты: налил в форму, нажал кнопку очищающего устройства и... деталь готова. Отпадает необходимость в последующих механической и термической обработках.

Главное же - водяное сырье избавит человечество от трудоемкой добычи металлических руд (а может быть, к тому времени металлические руды вообще окажутся исчерпанными), которые к тому же нуждаются в обогащении, очистке, транспортировке, многократной переплавке. Исчезнут домны-гиганты, дымные металлургические комбинаты, громоздкие прокатные станы, исполины прессы.

"Жидкая руда" будет всегда под рукой: бери из любой реки. Мало - в твоем распоряжении Мировой океан.

Возможность обращать воду в металлически твердое состояние позволит наводить мосты не только через реки, но и через моря. Постоянные или временные - в зависимости от необходимости.

Разумеется, это из области фантастики. Пока.

Четвертое состояние воды

Помните: "Эврика! Эврика!".

Мудрый Архимед открыл понятие плотности воды. С тех пор плотность воды принята за эталон плотности, по которому определяют плотность всех прочих веществ. Плотностью вещества называют количество массы, содержащейся в единице объема, например в 1 $см^3$. Плотность воды принята за единицу. Это значит, что в 1 $см^3$ может заключиться ровно 1 г массы. И величина эта со времен Архимеда оставалась незыблемой.

Но вот незыблемость плотности воды оказалась поколебленной. Началось с серебристых облаков, удивительного и сказочного явления природы. Их можно наблюдать только в северных широтах вскоре после заката солнца или перед рассветом. Серебристые облака, просеивая лучи невидимого с земли солнца, излучают нежное серебристое сияние.

Обычные облака выше 10 км не забираются. Серебристые парят на высотах 80-90 км. До сих пор существовало убеждение, что они представляют собой скопление мельчайших кристалликов льда. Изучая их, анализируя поглощающую и преломляющую способность, молодой советский астрофизик Олег Васильев сделал любопытное открытие. Солнечные лучи вели себя так, словно проходили не сквозь кристаллики льда, а сквозь капельки воды.

Вода на высоте 90 км, где царит холод уже космического пространства, не может там оставаться обыкновенной водой, она должна находиться в каком-то ином состоянии. В каком же?

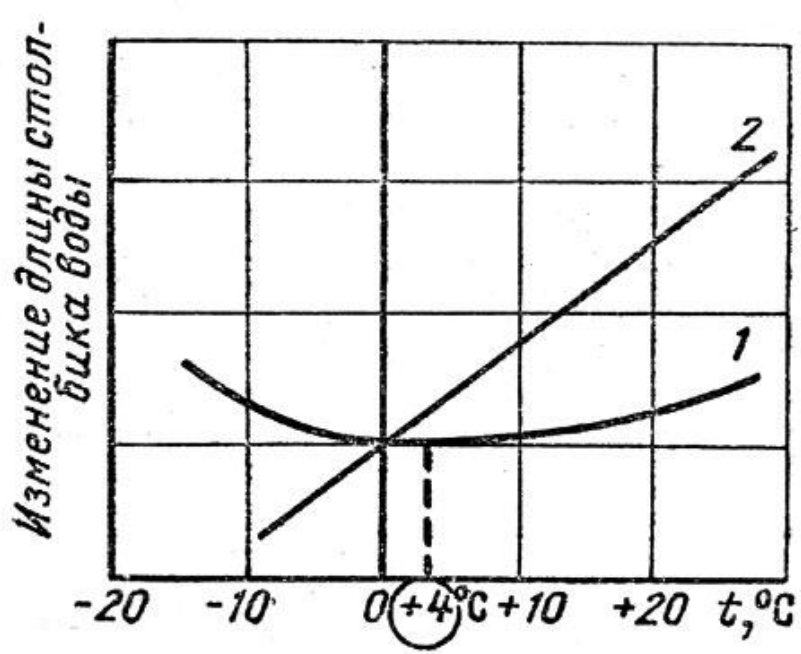

Рис. 6. Тепловое расширение воды в капиллярах. 1 - обыкновенная вода I; 2 - вода II

В 1959 г. доценту костромского текстильного института Н. Н. Федякину удалось разработать технологию изготовления сверхтонких стеклянных капилляров с радиусом до 0,000017 мм. Наблюдая расширение столбиков воды в этих капиллярах при нагревании, он получил странную закономерность. В капиллярах с радиусом более 1 мкм (0,001 мм) в интервалах от 0 до +4 °С проявлялась известная нам аномалия воды - столбик укорачивался. При + 4°С его длина становилась наименьшей, а при дальнейшем нагревании все шло как должно быть - столбик начинал удлиняться, плотность воды падала. Но в самых узких капиллярах вода изменяла своей "таинственной" аномальности. Здесь удлинение столбика происходило на всем диапазоне температур, и коэффициент расширения оставался постоянным (рис. 6). Дальнейшие исследования велись в отделе поверхностных явлений Института физической химии АН СССР под руководством Б. В. Дерягина.

Схема получения "дерягинской" воды показана на рис. 7. При откачке воздуха из сосуда Дьюара вода из пробирки, помещенной в термостат, испаряется. На стенках сосуда 1 конденсируется обыкновенная вода I, а в капилляре - вода II.

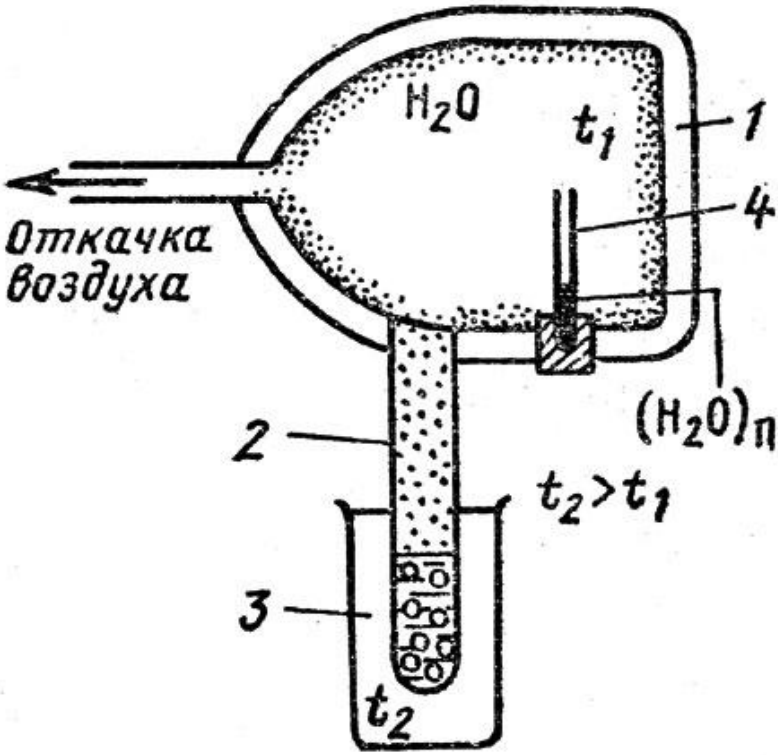

Рис. 7. Схема установки для получения воды II. 1 - сосуд Дьюара; 2 - пробирка; 3 - термостат; 4 - капилляр

Выяснилось, что в сверхузких капиллярах вода, оставаясь по химическому составу все той же H2O, резко меняет свои физические свойства. Ее назвали водой II.

Прежде всего оказалось, что вода II почти в 1,5 раза плотнее обыкновенной воды I. Вязкость ее в 15-20 раз больше. По своей вязкости вода II напоминает вазелин - обмакни в нее палец, и она потянется за ним, как смола. Вода II не замерзает при 0°С; при -100°С она, не образуя льда, сразу вся, вследствие еще более резкого увеличения вязкости, переходит в стекловидное состояние, а закипает лишь при +300°С. Когда температура достигнет 700-800°С, пары ее распадаются, превращаясь в пары обыкновенной воды I.

Сообщение об открытии советских ученых было встречено за рубежом с явным недоверием. Только 7 лет спустя, после публикации работы Б. В. Дерягина, в конце 1969 г. лаборатория английской фирмы "Юнивелер" подтвердила опыты Н. Н. Федякина и Б. В. Дерягина. Ныне уже десятки исследовательских

учреждений в США, Великобритании, Бельгии, Франции изучают "дерягинскую" воду II.

Природа воды II пока остается загадкой. Существует несколько противоречивых точек зрения. Одни исследователи считают, что "виной" всему примеси, неизбежно имеющиеся в воде. Другие утверждают, что при конденсации паров на поверхности стекла или кварца имеют место каталитические процессы, способствующие переходу воды в такое состояние, какого не получить на поверхности других веществ. Третьи, и к ним относится Б. В. Дерягин, полагают, что в сверхтонких капиллярах происходит полимеризация молекул воды, образование цепей типа $(H_2O)n$. Многие за рубежом воду II так и называют поливодой.

Наши симпатии на стороне последних, и не только потому что к ним принадлежит наш соотечественник и первооткрыватель воды II, Полимерная гипотеза Б. В. Дерягина приближает к реальным воплощениям все самые фантастические предсказания о возможных превращениях Обыкновенной воды.

Не замерзающая, не дающая льда, закипающая при температуре красного каления стали, вода II найдет самое широкое применение в технике наших дней. Мы нисколько не сомневаемся, что овладение процессом полимеризации воды позволит создать совершенно новую отрасль большой химии - комбинаты по производству волокна из водяных полимерных нитей. Это будет удивительнейшая ткань. Во-первых, мы можем предположить, что в полимерных нитях H_2O в какой-то степени проявится потенциально скрытая в воде сверхпрочность. Во-вторых, поскольку водяные нити будут обладать сверхпрочностью, их можно будет изготовлять более тонкими, чем самые тонкие современные капроновые или нейлоновые нити. И, наконец, в-третьих, водяная ткань сохранит многие аномальные свойства воды: ее огромную теплоемкость, высокую диэлектрическую постоянную и пр.

Короче говоря, мы беремся утверждать, что в недалеком будущем человечество наденет одежду, какой не знали самые волшебные сказки народов мира: бесконечно тонкую, бесконечно прочную, укрывающую от любой жары и от любого холода. В такой одежде люди смогут в равной степени расхаживать и под палящими лучами солнца Сахары и среди 80-градусных морозов Антарктиды. Легкий костюм из водяной ткани освободит космонавта от тяжелого и громоздкого скафандра, позволит ему находиться в открытом космосе без всякой дополнительной защиты.

Что касается сырья для нашей волшебной ткани, то

недостатка в нем текстильная промышленность (как и металлургическая) никогда не испытает.

А пока не она ли, вода II, украшает наш небосклон серебристыми облаками? Впрочем, кажется, не только небосклон Земли. Изучением отраженного света от облаков нашей космической соседки Венеры установлено, что в этих облаках имеются капельки воды с показателем преломления 1,5. Именно такая величина показателя преломления у "дерягинской" воды и у серебристых облаков.

Советский астроном В. Бронштэн и американский Донахью независимо друг от друга высказали одинаковые предположения, что капельки полимерной воды в атмосфере Венеры сконденсировались на мельчайших пылинках - продуктах выветривания венерианских пород.

Каким путем пришли эти капельки в облака Венеры и в серебристые облака Земли? С поверхности планеты? Едва ли. Более вероятным кажется Другое предположение - это чисто космическая вода, продукт синтеза падающих из космоса водородных протонов с электронами и атомами кислорода в атмосфере обеих планет.

Магнитная вода

Первыми на это необычное явление обратили внимание в 30-годах советские физики: скорость выпадания кристалликов из пересыщенных водных растворов резко возрастала, если сосуд с раствором помещали в магнитное поле. Вслед за этим итальянскому физику Пиккарди удалось продемонстрировать влияние магнитного поля на скорость протекания химических реакций опять-таки в водных растворах.

Вскоре уже ни у кого не оставалось сомнений в том, что вода, подвергнутая воздействию магнитного поля, меняет свои физико-химические свойства. Особенно заметно меняются растворимость солей и скорость химических реакций. Еще нет единого мнения о характере взаимодействия между водой и магнитным полем, а магнитная вода уже нашла широкое применение в народном хозяйстве.

Первыми магнитной водой заинтересовались теплоэнергетики, для которых накипь в котлах и на стенках труб паросиловых установок всегда являлась настоящим бедствием. Сотни километров труб ежегодно выбрасывали не потому, что их съела ржавчина, а потому, что они оказывались намертво забитыми отложениями. Котлы периодически приходилось подвергать трудоемкой очистке, удалению накипи. Правда, существовали антинакипины, но эффект от них получался весьма незначительный. Первые же опыты с магнитной водой дали поразительные результаты. Оказалось, что магнитная вода не только не дает накипи, но и смывает ранее имевшиеся отложения.

В нашей стране работают уже тысячи магнитоводных установок на морских и речных судах. Без них теперь не обходится ни одна ТЭЦ. Исследованиями магнитной воды и возможностью ее более широкого применения заняты десятки специальных учреждений.

Схема устройства для магнитной обработки воды показана на рис. 8.

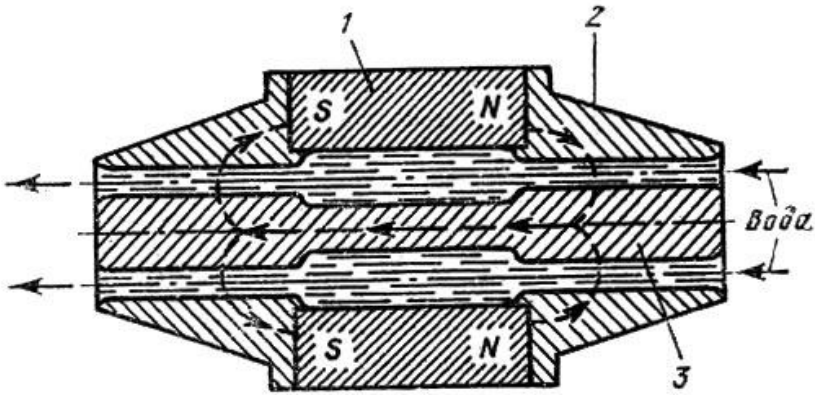

Рис. 8. Схема магнитной обработки воды. 1 - постоянный магнит; 2 - полюсные наконечники; 3 - сердечник

Круг использования магнитной воды непрерывно расширяется. Выяснилось, что применение магнитной воды повышает прочность бетона, значительно ускоряет его затвердевание. При флотационном обогащении полезных ископаемых магнитная вода весьма заметно повышает процент выхода обогащенной руды.

До сих пор общенародной проблемой остается периодическая замена труб (текущий ремонт!), по которым горячая и холодная вода поступает в наши квартиры. Нужно ли приводить то астрономическое число труб, которые превращаются в труху, - это же тысячи тонн металла! А сколько тысяч организаций занимается этой заменой, сколько людского труда расходуется впустую.

А теперь представьте, что в наши квартиры пришла магнитная вода. И трубы в домах станут вечными. Удивительной белизной засверкают раковины и ванны, ибо вода не только не будет оставлять на них осадков, но и станет смывать всякую попавшую туда грязь. Отпадет необходимость в чистке, в производстве специальных моющих средств.

Поскольку у магнитной воды такая волшебная способность на давать осадков, отчего бы не использовать это обстоятельство в городских очистных сооружениях? Может быть, именно магнитному способу предстоит стать тем принципиально новым средством, которое и решит проблему очистки в будущем.

Наконец, не следует упускать из вида, что растительный и животный мир, наш организм - все это, по сути, водные растворы, которые тоже никак не могут оставаться безучастными к воздействию на них магнитного поля. Но... об этом речь впереди.

Вода в роли молота

В конце прошлого столетия строители московского водопровода столкнулись с загадочным явлением: лопались только что проложенные трубы. Лопались без всяких видимых причин. Их заменяли, но они лопались снова то в одном месте, то в другом. Трубы рвала изнутри таинственная сила, которую, казалось бы, никак не могла создать насосная станция. Стенки труб были рассчитаны по всем правилам, толщина их взята с достаточным запасом прочности. Катастрофические поломки водопровода заставили поколебаться "отцов" города, финансирующих строительство: "Не возвратиться ли к старому, но надежному способу снабжения города водой - развозить ее в бочках на лошадях, как это делалось испокон веков?" Отчаявшись справиться с коварной водой, инженеры-водопроводчики обратились за помощью к известному русскому ученому Н. Е. Жуковскому, и тот довольно быстро нашел ответ.

Причина разрушения труб оказалась на удивление проста: резкое закрытие кранов. В момент внезапной остановки потока воды в трубах возникало явление, которое было названо гидравлическим ударом. Возле крана мгновенно подпрыгивало давление. Оно многократно превышало давление, создаваемое насосами. А затем "на сцену" выступали упругие свойства воды. Скачок давления в виде упругих колебаний, или так называемой ударной волны, со скоростью звука бежал вдоль трубы и, найдя уязвимое место, рвал стенки трубы. Разрушение зачастую происходило вдали от крана, и потому виновник происшествия - удар - оставался незамеченным.

Чем быстрее останавливали поток воды, тем мощнее становился гидравлический удар. Дело в том что на первых водопроводах устанавливали пробковые краны (наподобие самоварных). Короткое движение - и кран закрыт. По совету Н. Е. Жуковского эти краны были заменены вентильными, постепенно закрывающимися (которыми мы пользуемся и поныне), и таинственные разрушения труб прекратились.

Вскоре, однако, гидравлический удар дал знать о себе и в других быстро развивающихся отраслях гидравлической техники. И чем большие скорости движения жидкости использовало человечество, чем сложнее и чувствительнее становилась аппаратура, тем суровее напоминал о себе гидравлический удар.

Ныне он подкарауливает нас в каждом насосе, в каждом клапане, в каждой трубе, т. е. всюду, где возможна резкая остановка движущейся жидкости. Зачастую никакие ухищрения

не помогают избавиться от гидравлического удара, и тогда конструкторы вынуждены повышать прочность деталей, делать устройства более тяжелыми и громоздкими. Или остается мириться с тем, что деталь раньше времени выходит из строя - выкрашивается, лопается, деформируется.

Кавитация действует постепенно. Гидравлический удар подобен удару молота или, точнее, тысяче ударов, следующих один за другим. Как и кавитация, он неизбежный и непримиримый враг гидравлической техники.

Вода - штамповщик

Подобно тому как при кавитации разрушительные способности воды могут быть направлены на выполнение полезных операций, так с неменьшей перспективой они могут быть использованы и при гидравлическом ударе.

И вот уже созданы установки, в которых с помощью высоких давлений, возникающих при гидравлическом ударе, штампуются детали, производится прессовка металлокерамических порошков, выполняется холодная сварка путем прижатия друг к другу свариваемых деталей.

До последнего времени гидравлический удар в таких промышленных установках создавался с помощью взрывчатки. В момент взрыва на поверхность воды "выстреливался" поршень, а далее взрывное давление передавалось уже по всей массе жидкости. Давления при этом достигались порядка $7*10^9$Па.

Однако такое давление современную технику уже не удовлетворяет. Да и сама технология получения удара довольно примитивна. Установка при этом получается неуклюжей, громоздкой и небезопасной.

Новые горизонты в области использования гидравлического удара открывает лазерная техника. Луч лазера, пронизывая массу воды, вызывает в ней поистине фантастические давления - в миллионы атмосфер. Таким "сверхпрессом" в принципе можно штамповать детали из любых ныне непрессуемых сверхтвердых металлических и неметаллических материалов.

Световой взрыв в воде, с невероятной силой прижимающий друг к другу детали, неограниченно расширит возможности контактной сварки, полностью сведя на нет существующие в настоящее время "несвариваемые сочетания".

Вода в роли наковальни

А что же вода? Остается ли она все той же водой при создании в ней давления в сотни тысяч и миллионы атмосфер?

Опыты показали, что вода, подвергнутая даже сравнительно невысокому давлению в $3*10^7$ Па, а затем освобожденная от него, уже "не та" - на некоторое время она резко меняет свои физические свойства: кипит не при +100°С, а при +200°С, не дает возникнуть кавитации там, где прежде она возникала. Такую воду можно слегка растягивать, создавая в ней отрицательные напряжения до величины в 100 кПа. Похоже, что подвергнутая предварительной "ковке" давлением вода становится прочнее.

Довольно интересно меняются и другие физические свойства воды, например температура замерзания (плавления), при повышении давления:

давление, 10^5 Па температура, °С

1 0
130 -1
500 -4
2200 -22
3530 -17
6380 0
16500 +60
20670 +76

Как видно, при давлениях свыше $6380*10^5$ Па мы имеем "горячий лед". Плотность его при давлении $2200*10^5$Па становится равной 1,2 г/$см^3$ и продолжает расти, достигая при давлении $20670*10^5$Па 2 г/$см^3$. Такой лед, разумеется, будет тонуть в воде. Точнее было бы сказать, что это уже не лед, а твердая вода - вода в новом качественном состоянии.

Отчетливо видно, что качественное превращение начинается в области давления $6000*10^5$ Па. Не здесь ли давления начинают "ткать" полимерные нити из H_2O?

Что касается температуры кипения, то она находится в прямой зависимости от давления и аномалии не проявляет.

Вода - источник энергии

Мы уже говорили, что, проследив за взаимоотношением человека и воды, можно было бы написать своеобразную историю возникновения древних цивилизаций. Вода сыграла важную (если не решающую) роль в современном техническом прогрессе. Есть ли надобность повторять слова К. Маркса о "революционере-паре"?

В своем безостановочном движении в будущее, создавая все более современные средства производства, человек так или иначе опирается на использование воды.

Наш век называют веком электричества. Но ведь турбины тепловых, гидравлических и атомных станций приводятся в движение все тем же "революционером-паром". Откажитесь от использования воды - и вы оставите мир без электричества. Это ли не будет мировая катастрофа?

Правда, появляются новые источники электроэнергии, например плазменные (МГД-генераторы). Придет время, и человечество безусловно откажется от использования громоздких турбин, приводимых в движение паром или водой. Электроэнергия будет добываться непосредственным преобразованием тепла в электричество (с помощью полупроводниковых или других устройств). Но сырьем для плазмы, для термоядерного синтеза останется все та же вода. Откуда же еще добывать дейтерий или тритий, как не из вод океана?

Самое известное и непознанное свойство воды

Перспективы грядущего использования воды все требовательнее ставят вопрос о точном познании ее внутренней структуры. И науке поневоле все снова и снова приходится возвращаться к старой, как мир, проблеме, которая волновала умы еще средневековых флорентийских академиков: почему течет вода?

Казалось бы, нелепо спрашивать такое. Вода течет потому, что она жидкая. Но тогда возникает новый вопрос: а, собственно, что такое жидкость? Твердое или газообразное состояние вещества мы представить себе более или менее ясно можем. В нашем воображении возникают картины пространственного расположения атомов в кристаллах металлического сплава. Мы "видим" хаотическое движение молекул в газовых смесях. Но как выглядят частицы воды, каково их взаимное расположение? Конечно, существуют гипотезы (и мы их еще приведем), но они расплывчаты и экспериментально не подтверждены. Вопрос "почему течет вода?" остается пока трудным для науки.

Многие теоретики предпочитают проводить аналогию между жидкостью и твердым телом (например, плохая сжимаемость)" А при гидродинамических расчетах проектировщики и ученые-экспериментаторы применяют к жидкостям (в том числе и к воде) те же математические зависимости, что и к газам. Весьма нелогично.

Необходимость решения этого вопроса становится все более острой. Ибо, раскрыв структурное строение воды, мы вместо сомнительных, весьма приближенных и не всегда применимых аналогий, вместо грубых и неточных эмпирических зависимостей получим истинную картину происходящего. Появится возможность раскрыть закономерности, присущие только воде. Физики чисто аналитически, без всяких приближений получат точные математические зависимости. И лишь тогда откроется путь к созданию сверхпрочной воды как машиностроительного материала, путь к полимеризации воды - основы будущего текстильного производства.

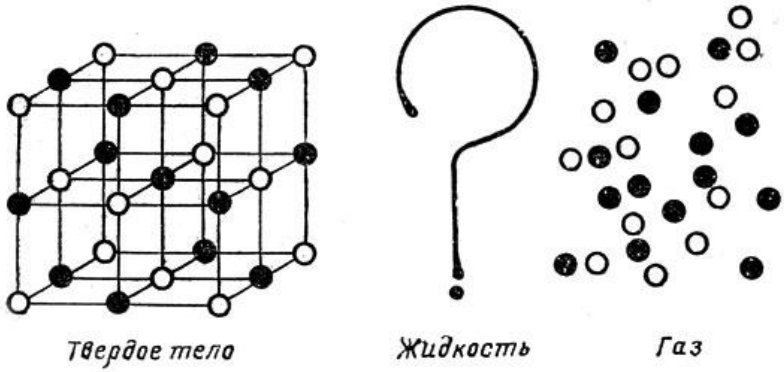

Рис. 9. Агрегатные состояния вещества

И очень хотелось бы, чтобы, наконец, был создан такой протонный или иной микроскоп, с помощью которого удалось заглянуть в воду, увидеть ее молекулы, их движение, возникновение и распад. Наблюдают же физики-атомщики поведение единичных элементарных частиц - протонов, нейтронов, мезонов, позитронов, размеры которых в сравнении с молекулой воды, как байдарка в сравнении с океанским лайнером, Да, очень важно визуально исследовать молекулы воды.

А пока... для воды мы довольствуемся тем положением, которое изображено на рис. 9. Твердое тело (например, лед) имеет кристаллическое строение. В глазах частицы находятся в состоянии хаотического движения. Агрегатное состояние жидкости - пока загадка.

Секреты аномальных свойств воды

"Кирпичики" воды

Секрет воды, конечно же, следует искать в специфическом строении ее молекулы и в особенностях тех "кирпичиков", из которых складывается эта молекула.

Действительно, оба элемента - водород и кислород - заметно выделяются из многочисленной семьи химических элементов, представленной в периодической системе Менделеева.

Водород как "горючий воздух" был известен еще в XVI в. немецкому врачу и естествоиспытателю Парацельсу. Но подлинная природа этого газа была установлена лишь в 1783 г. Антуаном Лавуазье. За способность, сгорая, производить воду, "горючий воздух" впоследствии переименовали в "гидрогениум", т. е. рождающий воду.

Водород - единственный элемент, не имеющий даже одной полностью заполненной электронной оболочки. Из-за исключительной простоты его строения - один протон (ядро) и один электрон - ему присущи совершенно особые свойства. Между молекулами, образованными водородом с другими элементами, возникают единственные в своем роде водородные связи, сила взаимного притяжения которых по величине совершенно несравнима с взаимодействием всех прочих, неводородных молекул.

Забегая вперед, скажем, что именно наличие водородных связей не только определяет аномальные свойства воды, но и играет решающую роль в образовании живой материи - нуклеиновых кислот, молекул ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), белковых молекул.

Водород - один из наиболее распространенных элементов. Он обнаружен всюду: на других планетах Солнечной системы, на самом Солнце, в атмосферах всех доступных наблюдению звезд, в туманностях, межзвездной пыли.

Значение водорода во вселенной исключительно велико. Достаточно сказать, что он играет роль "космического топлива", дает жизнь, энергию звездам (в том числе и нашему Солнцу).

В настоящее время известно пять изотопов атома водорода с атомными массами 1 (протий), 2 (дейтерий), 3 (тритий), 4 и 6 (названия пока не даны). Наиболее распространенные соединения водорода (по крайней мере, на Земле) - вода, в основе которой находится протий.

Дейтерий отличается от протия строением ядра. Оно состоит из протона и нейтрона, поэтому масса ядра дейтерия в 2 раза больше массы ядра протия. Такое резкое расхождение в массах

изотопов является единственным случаем среди изотопов всех других элементов. В обычной (земной) воде один атом дейтерия приходится на 5500 атомов протия.

В ядре трития один протон и два нейтрона. Тритий радиоактивен. Он излучает бета-частицы и превращается в изотоп гелия с массовым числом 3. Период полураспада трития около 12,3 лет. В земной воде трития крайне мало: один атом на миллиард миллиардов ($1/10^{18}$) атомов протия.

Недавно обнаружены изотопы водорода с атомными массами 4 и 5. Но физические и химические свойства обоих изотопов пока не изучены. Известно только, что время их существования ничтожно мало. Например, изотоп с атомной массой 4 "живет" всего лишь 10^{-11}с.

Кислород открыт в 1774 г. английским химиком Джозев Пристли. Но свое крещение получил в лаборатории французского ученого А. Лавуазье; открытый Пристли газ назвали оксигеном - рождающим кислоту.

На нашей планете кислород - распространенный элемент. Земная кора до глубины 10-15 км почти на 50 % (по массе) состоит из кислорода. Песок содержит 53% кислорода, глина 56%, вода 89 %, в теле человека его 70 %.

Кислород - не менее своеобразный элемент, чем водород. Он занимает восьмое место в периодической системе Менделеева. Если его внутренняя электронная оболочка (слой k) укомплектована полностью (два электрона), то на внешней (слой h) вместо восьми положенных "по штату" электронов имеется только шесть. Два места остаются вакантными. Элемент с резко выраженными электроположительными свойствами, кислород атакует все атомы, отдающие электроны (к каковым, прежде всего, относится водород), и потому представляет собой один из наиболее агрессивных элементов в природе.

Известны три изотопа кислорода с атомными массами 16, 17 и 18. На Земле на каждые 3150 атомов ^{16}O приходится по пять атомов ^{17}O и по одному атому изотопа ^{18}O. К сожалению, никаких данных о физико-химических свойствах изотопов ^{17}O и ^{18}O у нас нет, наукой они пока не изучены.

Вода - это не просто H_2O.

Вода представляет собой химическое соединение водорода с кислородом. В молекуле воды один атом кислорода связан с двумя атомами водорода. Химическая формула обыкновенной воды H_2O. Молекулярная масса ее 18,016. При нормальных атмосферных условиях температура кипения воды составляет +100°С (373 К), а температура замерзания 0°С (273 К). Вода является отличным растворителем, бесцветна, не имеет ни

запаха, ни вкуса. Таковы общеизвестные физические и химические свойства воды.

После того как в прошлом столетии были изучены и, казалось бы, вполне исчерпывающе физико-химические свойства воды, интерес к этой заурядной жидкости со стороны исследователей надолго угас.

Но вот в 1932 г. американский физик Гарольд Юри обнаружил в обычной чистой воде примесь, химический состав которой был тот же - атом кислорода на два атома водорода, но молекулярная масса составляла не 18, а 20. Это, как мы теперь знаем, была окись дейтерия, она получила название тяжелой воды. Ее формула $Д_2О$. Она кипит при 101,4 °С (374,4 К) и замерзает при - 3,8 °С (269,2 К). В противоположность жизненной силе Н2О, тяжелая вода в физиологическом отношении инертна. Семена растений, политые тяжелой водой, не прорастают. Если тяжелой водой поить животных, они погибают от жажды. После открытия дейтерия интерес к воде резко повысился. В 1943 г. вокруг тяжелой воды разыгрались весьма драматические события.

Фашистская Германия форсировала создание атомной бомбы. В качестве замедлителя нейтронов в атомном реакторе немецкие исследователи намеревались использовать тяжелую воду. Однако ее получение в больших количествах представляло (да и сейчас представляет) значительные трудности. Организовать производство тяжелой воды гитлеровцам удалось в оккупированной ими Норвегии, где можно было использовать дешевую энергию гидростанций и в фиордах которой вода имела повышенное содержание окиси дейтерия.

Следившая за работами гитлеровских атомщиков английская разведка предприняла отчаянные меры для уничтожения добытой немцами тяжелой воды. В Норвегии был выброшен десант парашютистов. С помощью норвежских патриотов десантникам удалось взорвать цех по производству тяжелой воды, но захватить и уничтожить запасы уже добытой тяжелой воды они не смогли.

Германское командование попыталось этот запас переправить из Норвегии в Германию. В условиях чрезвычайной секретности его доставили в один из портов. И только тут, в самый последний момент, ценой огромного риска бойцам армии сопротивления удалось взорвать судно, на которое были погружены емкости с водой. 16 $м^3$ окиси дейтерия было пущено ко дну. Работы по созданию атомной бомбы в Германии были сорваны.

Тяжелая вода не единственный компонент, входящий в обычную воду. Мы уже сказали, что имеется пять изотопов водорода и три кислорода. Поскольку каждый изотоп водорода способен соединяться с любым изотопом кислорода в

соотношении 2:1, может быть получено 42 сочетания атомов в молекулах воды. Из них вполне устойчивы 9 сочетаний: $^{16}H_2O$, $^{17}H_2O$, $^{18}H_2O$, ^{16}НДО, ^{17}НДО, ^{18}НДО, $^{16}Д_2O$, $^{17}Д_2O$, $^{18}Д_2O$.

Итак, обыкновенная вода, текущая в реках, заполняющая озера, моря и океаны, снеговыми шапками укрывающая горные вершины, дождями низвергающаяся на землю, послушно бегущая из кранов в наших квартирах, - все это не просто H_2O. Это сложнейшая смесь различных видов воды, молекулы которых обладают далеко не одинаковыми физико-химическими свойствами. Правда, количественные соотношения этих смесей разнятся весьма сильно. К сожалению, на сегодня более или менее изучены лишь две разновидности воды: $^{16}H_2O$ и $^{16}Д_2O$. Прочие "воды" остаются белыми пятнами в науке.

Процент содержания "прочих вод" в обыкновенной воде чрезвычайно мал: тяжелокислородной ($^{18}H_2O$) в ней всего 0,18 %, тяжелой воды ($^{16}Д_2O$) и того менее - 0,017%. Во много раз меньшую долю составляют другие сочетания водорода и кислорода. Но сколько воды в масштабах нашей планеты! А стремительное развитие науки и техники наверняка приведет к тому, что со временем мы научимся переводить одну модификацию в другую. И невольно напрашиваются прогнозы. Скажем, тяжелая вода - это мертвая вода. Она угнетает все живое. Но не окажется ли среди 42 возможных сочетаний изотопов водорода с изотопами кислорода... живой воды? Живой в полном смысле этого слова. Вода, которая вдвое, втрое... в десять раз ускорит рост растений, животных, человека! Вода, которая позволит выращивать капусту величиной с легковую машину и пшеницу с зернами в куриное яйцо. А может, объявится и такая вода, которая станет панацеей от всех недугов, позволит мгновенно заживлять самые тяжелые раны, возвращать бодрость. Или даже возвращать молодость.

Не вода ли принесет человечеству страстно желаемое бессмертие? Не улыбайтесь. От воды можно ожидать всего.

Как строится молекула воды

Вспомним, что вероятностное нахождение электрона по отношению к ядру определяется электронным облаком, т. е. совокупностью всех точек пространства, через которые может пробежать электрон. Это воображаемое облако называют орбиталью. Установлено: на одной орбитали не может находиться одновременно более двух электронов.

Единственный электрон атома водорода (1 s^1) имеет орбиталь в виде сферы. Такая форма орбитали соответствует минимально возможному уровню энергии атома.

В атоме кислорода все гораздо сложнее. Атом кислорода имеет два слоя электронов. Внутренний (слой К.) укомплектован двумя s-электронами, вращающимися по сферической орбитали (условное обозначение этих электронов 1 s^2, где 1 - номер слоя, s - энергетическое состояние - орбиталь, 2 - количество электронов на орбитали).

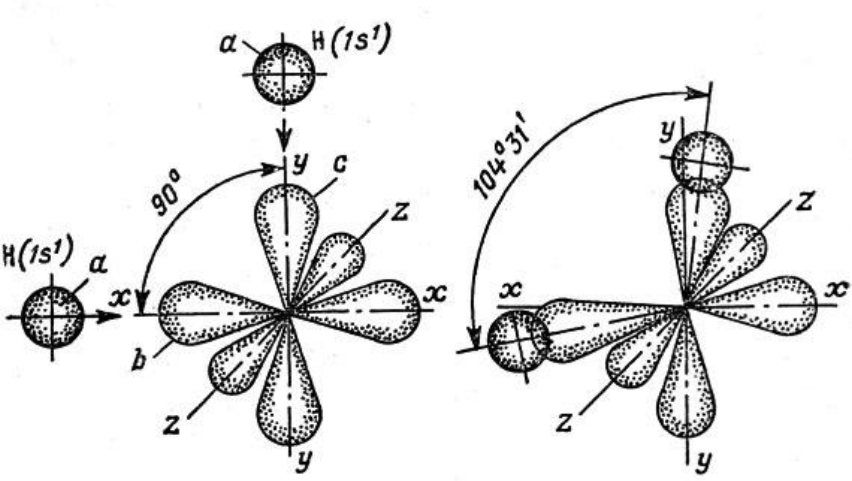

Рис. 10. Схема образования молекулы H2O. Сферические электронные облака атомов водорода захватываются p-орбиталями вис атома кислорода. Получившие дополнительный отрицательный заряд орбитали вис отталкиваются на угол 104°31'

Внешний слой h имеет шесть электронов (их условное обозначение 2 s^2p^4, где 2 - номер слоя, s и p - орбитали, индексы 2 и 4 - соответственно количество электронов на орбиталях). В этом слое, как видно из условного обозначения, два s-электрона имеют одну и ту же сферическую орбиталь. Четыре p-электрона

вынуждены расположиться на трех взаимно перпендикулярных орбиталях, имеющих в плане формы восьмерок. Восьмерки пересекаются в центре атома, как показано на рис. 10. Обратите внимание: 4 р-электрона на трех орбиталях. Здесь ключ к пониманию всех событий.

Орбиталь, вытянутая вдоль оси г, служит пристанищем для двух электронов. Она укомплектована, и ворота ее на прочном запоре. На орбиталях же х и у по одному электрону и, значит, по одному изготовленному "капкану".

Итак, действующие лица охарактеризованы. Начинается действие.

Вот атом водорода оказался в опасной близости от атома кислорода, и единственный его электрон тотчас же будет захвачен непарной (недоукомплектованной) р-орбиталью. Поскольку у кислорода две непарные орбитали, он способен пленить два атома водорода. При атом сферическое облако водородного s-электрона належится на яйцеобразную ветвь р-орбитали (см. рис. 10).

Между атомами Н и О возникает связь, которая получила название ковалентной. Итогом этой связи и будет возведение весьма своеобразного архитектурного сооружения, известного как H_2O. Своеобразие же образовавшейся молекулы состоит в следующем.

Во-первых, перекрытие электронных облаков приведет к уплотнению области перекрытия и, значит, к росту отрицательного заряда в этой части пространства.

Расположись атомы водорода по обе стороны от ядра атома кислорода под углом 180°, и возникшие уплотнения зарядов никак не отразились бы на электрическом равновесии образовавшейся системы, т.е. центры положительных и отрицательных зарядов по-прежнему находились бы в одной точке - в центре атома кислорода. Но р-орбитали, захватившие водородные электроны, расположены под углом 90°, и поэтому уплотнения в них вызовут смещение центра тяжести отрицательного заряда относительно центра тяжести положительного заряда. Образовавшаяся молекула коды стала одновременно маленьким микромагнитом или, как принято говорить в молекулярной физике, диполе м, способным ориентироваться в магнитном поле.

Во-вторых, ветви р-орбиталей, получившие дополнительные отрицательные заряды, получат и дополнительную силу взаимного отталкивания. Они подальше отодвинутся друг от друга, и угол между ними вместо 90° станет 104°31. Увеличение угла еще более усугубит несимметричность распределения

зарядов. В связи с этим дипольный момент молекулы достигнет такой величины, какой не имеют молекулы никаких других веществ на Земле.

И, наконец, в-третьих, сгущение сферического облака s-электрона водородного атома в месте наложения его на p-орбиталь атома кислорода приведет к разрежению этого облака с диаметрально противоположной стороны. Протон водорода, до того равномерно прикрытый сферическим электронным облаком, после "пленения" атомом кислорода окажется оголенным с внешней стороны. Однако ему представляется возможность "прикрыть свою наготу" за счет электронного облака соседней молекулы H2O. И он сделает это, вцепившись в "одежду" (облако) чужого атома кислорода с силой, которая значительно превзойдет силу, удерживающую его собственный электрон. Эта сила связи с "чужим" атомом кислорода и будет представлять собой так называемую водородную связь.

Золотой ключик

Как вы, вероятно, уже догадались, этим золотым ключиком и являются водородные связи.

Известно, что между двумя любыми достаточно близко расположенными молекулами возникают силы взаимного притяжения: электронная оболочка одной молекулы притягивается положительным зарядом (системой ядер) другой молекулы. Эти силы получили название Ван-дер-Ваальсовых.

Если бы между молекулами воды действовали только Ван-дер-Ваальсовы силы взаимного притяжения, вода замерзала бы при -90°С (183 К), а закипала бы при +80°С (353 К). В действительности вода замерзает при 0°С и закипает при +100°С - обстоятельства, долгое время смущавшие физиков и химиков. Недоумения были рассеяны после открытия водородных связей, более мощных, чем Ван-дер-Ваальсовы.

Водородные связи проявляются не только в воде. Они играют решающую роль в процессе биологического синтеза, т. е. в образовании молекул растительного и живого вещества. Все растущее и живущее на Земле обязано своим существованием специфичности самого распространенного во вселенной элемента - водорода. Однако ни в каком другом веществе водородные связи не проявляются в такой полной мере, как в воде.

Огромный дипольный момент молекул воды и водородные связи объясняют прежде всего аномально высокую диэлектрическую постоянную воды. Если принять диэлектрическую постоянную вакуума за единицу, то диэлектрическая постоянная воды будет равна 80. Это значит, что в воде два электрических заряда будут взаимно притягиваться или отталкиваться с силой, в 80 раз меньше той, с которой они взаимодействовали бы в вакууме.

Высокая диэлектрическая постоянная, в свою очередь, объясняет феноменальную способность воды растворять в себе буквально все вещества, существующие в природе. На Земле не найти абсолютно чистой H_2O. Все воды, включая и дождевую, и родниковую, и многократно дистиллированную, - растворы. Конечно, концентрация растворенных веществ может колебаться в очень широких пределах. Самый распространенный "раствор" на поверхности Земли - морская вода. В каждой ее капле по крайней мере 70 химических элементов таблицы Менделеева, в том числе и самых редких.

Особенно легко растворяются в воде вещества, атомы которых соединены ионной связью. Это сравнительно слабые

химические связи. Растворенная в воде, например, поваренная соль легко диссоциирует на ионы натрия (Na^+) и хлора (Cl^-). Соединиться вновь в воде этим ионам не суждено. Разделенные молекулами воды, они теперь притягиваются друг к другу в 80 раз слабее! К тому же вставшие на их пути молекулы H_2O обладают мощным дипольным моментом и без труда присоединяют к своим отрицательным концам положительные ионы натрия, а отрицательные ионы хлора соответственно исчезают в цепких "лапах" водородных протонов.

Пример растворения солей с ионной связью мы выделили потому, что такие связи составляют основу образования кристаллических структур, а из кристаллических структур в основном и сложена кора Земли, ее материки, горные хребты, дно океанов. Как уж тут не проявиться всеразрушающему свойству воды?

Не следует думать, будто водородные связи намертво удерживают одну молекулу воды относительно, другой. Если бы это случилось, вода при всех условиях оставалась бы сверхпрочным твердым телом. В интервале между 0 и +100 °С водородные связи ослабляют и рвутся под воздействием теплового движения самих молекул воды. Чем больше мы подводим тепла к воде, тем интенсивнее тепловое движение молекул и тем труднее водородным связям удерживать их на близком расстоянии друг подле друга. Наконец, тепловое движение окончательно берет верх над силами водородных связей, молекулы рассыпаются, разлетаются, вода перестает быть жидкостью, она обращается в пар.

Но чтобы полностью разрушить водородные связи, к воде нужно подвести значительное количество тепла - 2260 кДж/кг. Вот то обстоятельство, которое объясняет феноменальную теплоемкость воды, ее способность выполнять роль аккумулятора тепла в глобальных масштабах.

На поверхности воды "оголенные" протоны остаются "не у дела". Здесь им не на чем испытать силу своего воздействия: выше нет атомов кислорода. И тогда водородные протоны уподобляются притаившимся в ожидании жертвы осьминогам. Стоит только поднести к свободной поверхности воды предмет, в котором есть атомы кислорода, как протоны вцепятся в них "щупальцами" своих водородных связей. Этим и обуславливается способность воды смачивать те или другие вещества.

Прочность воды! Напомним, что согласно теоретическим расчетам, изготовленный из идеально чистой воды стержень диаметром 1 см должен был бы выдержать растягивающую силу в $37{,}49*10^4$Н. Теперь уточним - подобные расчеты основываются на

прочности водородных связей. Как перейти от теории к практике? Для этого нужно найти способ зафиксировать водородные связи. Вообще-то он известен - это охлаждение воды, превращение ее в лед (мы вернемся к этому позднее). Нам же хотелось бы придать воде не просто кристаллическую структуру, свойственную льду, а идеальную, упорядоченную структуру, которая и даст нам желанную сверхпрочность. Как сделать это, увы не придумали еще даже фантасты.

Что же, собственно, происходит при охлаждении воды? Прежде всего, здесь особенно наглядно проявляются ее аномальные свойства. Мы уже знаем, что вода, охлаждаясь от +100°С до + 4°С, как и все вещества в природе, сжимается, уменьшается в объеме. А затем от +4°С и до самого замерзания она увеличивается в объеме.

В чем тут дело? Конечно же, в специфичности водородных связей. Пока энергия теплового движения достаточно велика, "голому" водородному протону не удается зацепиться за атом кислорода "проплывающей" поодаль молекулы H_2O. "Багор с крючком", которым протон пытается пленить атом кислорода, либо, не выдержав, лопается, либо (и это чаще всего) оказывается слишком длинным. "Крючок багра" повисает над "головой" плывущего поблизости к протону кислородного атома.

Вот примерно какая ситуация должна иметь место, пока температура воды выше +4 °С. Молекулы воды имеют возможность скользить бок о бок, почти вплотную друг к другу. В это время в воде существует так называемый ближний порядок. Однако по мере охлаждения скорость движения молекул воды начинает падать. Теперь у протона есть время, чтобы вначале отодвинуть "багром" атом кислорода на длину "багра", а затем надежно зацепить его "крючком". Поскольку скорость движения мала, прочности "багра" будет вполне достаточно, чтобы остановить плененную молекулу H_2O и присоединить ее к собственной молекуле H_2O. Обратите внимание: молекула будет остановлена на строго определенном расстоянии, равном длине "багра".

У каждой молекулы H_2O два "голых" водородных протона, поэтому она захватывает сразу двух оказавшихся поблизости "соседок". Но одновременно на ее собственный атом кислорода будут переброшены два "багра" с других не менее расторопных протонов.

Так, быть может несколько упрощенно, мы с возможной наглядностью нарисовали картину возникновения кристаллической структуры льда - возникновение тетраэдров, которые начнут выстраиваться один за другим, как солдаты на

плацу.

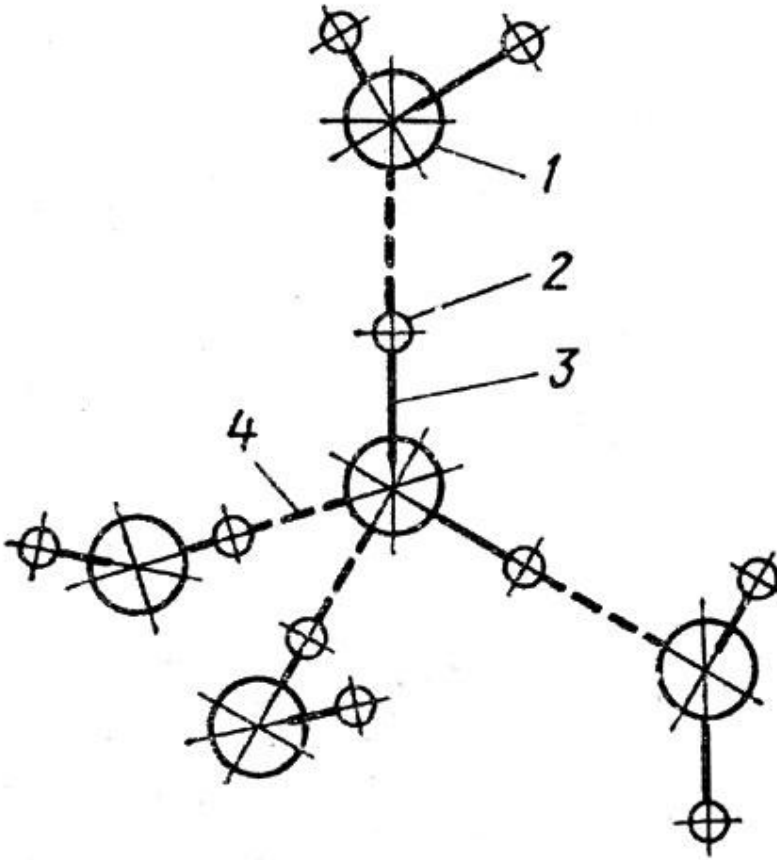

Рис. 11. Образование водородных связей между молекулами воды. 1 - кислород; 2 - водород; 3 - ковалентные связи; 4 - водородные связи. Каждая молекула перекидывает два мостика и одновременно на нее перекидываются два мостика. В результате возникает геометрическая фигура - тетраэдр

Так как для построения тетраэдра молекулы должны вначале отодвинуться одна от другой на определенные расстояния, объем, занимаемый замерзающей водой, естественно, увеличивается. И он будет расти до тех пор, пока вся вода не обратится в лед (рис. 11).

- Но, позвольте! - вправе удивится читатель. - Раз уж в кристаллах льда водородные связи проявили себя в полную силу, где же предсказанная вами "сверхпрочность"? Почему лед не стал прочнее стального сплава?

А потому, дорогой читатель, что в лед перешли все "пороки"

воды: растворенные в ней газы и механические примеси. Кристаллическая структура льда полна всевозможных дефектов: трещин, уродливых нагромождений, втиснувшихся в парадный строй кристаллов атомов примесей. И от возможной сверхпрочности не осталось и следа.

Нет, обычным превращением воды в лед сверхпрочности не достичь. Кстати, аналогичную картину мы наблюдаем и в металлургии. Твердеющий расплав - тот же лед. Теория показала, что сталь и даже чистое железо могли бы стать по крайней мере в 1000 раз прочнее, если бы удалось получить идеальную кристаллическую структуру без искажения геометрии кристаллической решетки. Но, увы, здесь, как и в воде, делают свое "грязное" дело газовые включения и посторонние механические примеси.

Раз уж речь зашла о льдах... Чтобы превратить лед в воду, его нужно нагреть. При этом каждый килограмм льда потребует довольно приличного количества тепла - 340 кДж. Однако с оговоркой: 340 кДж, если лед взят при 0°С и при нормальном атмосферном давлении. Для расплавления 1 кг льда, взятого при минус 7°С, достаточно уже 323,24 кДж, а при минус 13°С понадобится еще меньше - 310,7 кДж. Получается, что с каждым градусом вниз по шкале термометра теплота плавления льда убывает на 2,1 кДж.

Не удивительно ли? Чем холоднее лед, тем легче его превратить в воду! Вот вам и еще одно "чудачество" воды, которое может быть объяснено только специфичностью водородных связей.

Как странно иногда совершаются научные открытия! Сколько мудрецов до Архимеда пользовались ванной, но ни одному из них в голову не приходило усмотреть в льющейся через края воде явление необычайной важности.

А вот пример сегодняшнего дня. Уже не одно столетие клянет человечество воду за ее коварное свойство: замерзая в трубах, рвать их стенки. А сколько нерадивых шоферов и по сей день "размораживает" автомобильные двигатели, оставляя в них зимой воду?

Но почему-то никто, в том числе и мы с вами, не задумывались над тем, какая огромная, не используемая человеком, сила действует на наших глазах.

27 февраля 1974 г. газета "Советская индустрия" сообщила о замечательном изобретении московского инженера П. А. Радченко. Суть изобретения сводится к сварке, с помощью льда! Точнее, с помощью того давления, которое возникает в момент превращения воды в лед. Количество потребляемой воды - объем

куриного яйца. Источник холода - в зимнее время воздух с улицы: ведь очень-то низких температур и не требуется - нуля вполне достаточно.

Не даром говорят: "Все великое - просто!"

Водородная связь водородной связи рознь

В наши дни выявилась еще одна (наверняка не последняя!) странность в поведении воды. Оказалось, что в зависимости от способа получения H_2O может обладать различной силой водородных связей.

Например, талая вода, т. е. вода, образующаяся в момент таяния льда, и она же, взятая спустя некоторое время, - не одна и та же вода. Вообще, по многим общеизвестным физико-химическим свойствам она осталась нашей старой знакомой (по чистоте, плотности, химическому составу и пр.), но претерпела изменение с самом главном - в величине водородных связей между молекулами.

Последнее обстоятельство подтверждается так: чтобы превратить 1 кг обычной (например, водопроводной) воды в пар необходимо 2260 кДж тепла. А для талой воды потребуется уже 2268,38 кДж. Разность в 8,38 кДж при современной измерительной технике - величина весьма заметная.

За счет чего появилась эта разница? Известно, что водородные протоны в молекуле H_2O ведут себя, подобно двум раскрученным волчкам,- они вращаются вокруг собственных осей и, значит, обладают моментом количества движения или, как принято говорить в молекулярной физике, имеют спин.

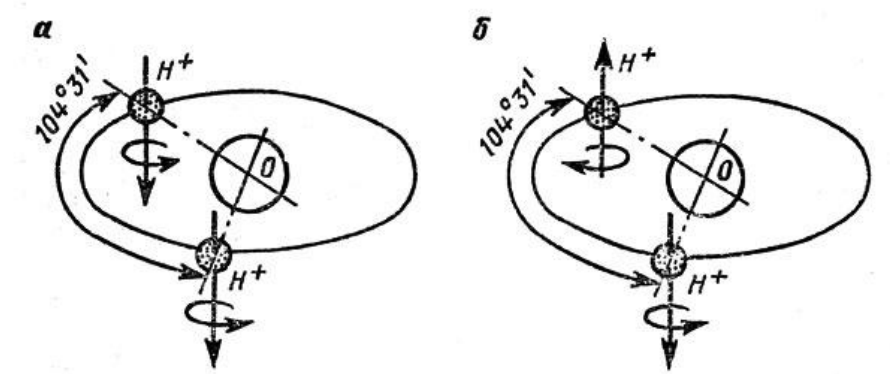

Рис. 12. Два энергетических состояния молекулы H2O: а - паравода; б - ортовода

Когда протоны вращаются в одну сторону, их моменты складываются, и получается молекула параводы. Если же они вращаются в разные стороны, возникает разность моментов, и получается молекула ортоводы. Схематично обе разновидности молекул показаны на рис. 12. Естественно, молекулы параводы и

ортоводы должны находиться на разных энергетических уровнях. Величина того и другого уровней установлена физиками достаточно точно, и ничего неопределенного здесь не осталось.

До сих пор существовало твердое убеждение, что количественное соотношение между пара- и ортомолекулами в природной воде -сохраняется при любых условиях (и зимой и летом) строго постоянным. Действительно, каждый раз эксперименты подтверждали: вода состоит на 3/4 из ортоводы и на 1/4 из параводы. Однако из поля зрения экспериментаторов до сих пор выпадал сущий "пустяк" - момент перехода изо льда в воду. Именно сам момент! Тут-то и обнаружили себя 8,38 кДж. Желание установить свойства воды в момент перехода привело сотрудников лаборатории бионики Казанского университета У. Ахмерова и А. Бильдюковича к смелой догадке: а не происходит ли в талой воде изменение направления вращения одного из водородных протонов молекулы ортоводы и превращения ее в параводу.

Расчеты блестяще подтвердили догадку. Соотношение в талой воде изменилось в пользу параводы и ровно настолько, что энергетический уровень "смеси" повысился как раз на 8,38 кДж. Правда, спустя сутки теплота парообразования талой воды составляла уже 2264,19 кДж, т.е. разница по сравнению с обычной водой снизилась до 4,19 кДж. Еще сутки она едва достигала 2,10 кДж. И так далее, пока соотношение между ортоводой и параводой не пришло в норму (3/4:1/4).

8,38 кДж... Стоит ли ради них огород городить? Но, как говорится, "мал золотник, да дорог". Исследования дали неожиданный результат уже в другом направлении: талая вода обладает повышенной биологической активностью: помещенные в нее семена растений выбрасывали ростки гораздо быстрее, чем вымоченные в обычной воде.

До сих пор у геронтологов нет единого мнения о том, какой определяющий фактор позволяет отдельным представителям рода человеческого жить далеко за 100 лет.

Первоначальный вывод, что все решает питание, не оправдался. То, в чем отказывают себе одни долгожители, охотно употребляют другие (не пренебрегая и мясными блюдами, против которых особенно восставали геронтологи в недалеком прошлом).

Поскольку основная масса долгожителей приходится на горные районы планеты (особенно Кавказ), была выдвинута более убедительная версия долголетия: разреженный и чистый воздух горных вершин. Действительно, в разреженной атмосфере меньше благоприятных условий для размножения болезнетворных

микроорганизмов.

Не возражая против целебных свойств горного воздуха, мы, однако, выдвинем более существенный на наш взгляд, фактор - воду. Точнее, ту воду, которую пьют жители аулов. Источником ее являются горные потоки. Ее порождают тающие ледники гор. Жители гор пьют в основном талую воду. Они пьют параводу.

Правда, по мере движения потока постепенно теряется биологическая активность талой воды. Но в какой бы малой степени ни попадала дополнительная порция параводы в организм горца, если это будет происходить изо дня в день, из года в год, то результатом явится долголетие.

Пришедшая из недр земных

На нашей планете имеется великое множество источников минеральных вод. Это - целебные воды. Они стали незаменимыми при лечении многих хронических недугов, вокруг них возникли города-курорты. В чем секрет чудодейственных свойств воды, пришедшей из недр земных?

Специалисты отвечают безаппеляционно и однозначно: целительные свойства минеральной воды определяются ее химическим составом, т. е. теми солями, которые в ней растворены. Так думают и те, кто пользуется минеральной водой.

Мы не намерены оспаривать роль химического состава. Однако вот какая тут получается странная история. При современных методах химического анализа установить точнейший химический состав минеральной воды - не проблема. Успехи современной химии в области синтеза достойны всяческого уважения. Однако попытки сотворить хотя бы в лаборатории воду с целебными свойствами, повторяющими свойства воды естественной, ни к чему не привели. Эксперименты закончились сплошным конфузом. Что-то неуловимое содержат боржоми, нарзан, ессентуки и прочие минеральные воды. Что-то таинственное ускользает от взгляда исследователей и теряется при выпаривании, улетучивается из колб и пробирок, растворяется в колонках чисел, выдаваемых ЭВМ. А вместе с этим неведомым бесследно исчезает и лечебный эффект.

Догадка напрашивается сама собой: суть не только в химическом составе, в растворенных веществах, но еще и в свойствах самого растворителя, т. е. в свойствах воды. В каких именно?

Возьмем на себя смелость утверждать, что здесь свое решающее слово имеет соотношение между орто- и параводой. Вода в минеральных источниках - это вода, пришедшая с больших глубин. Там она подверглась воздействию высоких температур, высоких давлений и, быть может, прошла еще какую-то неведомую нам "обработку".

Добравшись до поверхности, вода сохранила (пусть частично) приобретенные ею свойства, и человечество получило от природы источники бодрости и здоровья.

Естественно возникает мысль: нельзя ли искусственно изменять энергетическое состояние воды с помощью какого-либо доступного нам средства? Например, с помощью магнитного поля?

Исследовали теплоту парообразования у намагниченной

воды.

Отклонение налицо! Только сдвиг произошел в обратную сторону - от талой воды в сторону преобладания ортоводы. Отличие от обычного (природного) соотношения 3/4:1/4 стало весьма незначительным. И тем не менее уровень энергии намагниченной воды снизился на 2-3 %? Они-то, эти 0,02-0,03, и придают магнитной воде те неоценимые свойства, о которых мы уже говорили.

Вполне возможно, что именно магнитное поле является одним из тех факторов, который придает минеральной воде целебные свойства. Вроде бы, не вяжется с утверждением повышенного содержания ортоводы от воздействия магнитного поля, в то время как нам нужно повышенное содержание параводы. Но поле полю рознь, и качественное воздействие его на воду может оказаться в разных случаях неоднозначным.

Союзник большой химии

Уплотняя вещество и сближая молекулы, сверхдавления способны вызвать образование полимерных цепей. Именно с использования высоких давлений и началось освоение производства первых пластмасс.

Однако до сих пор в производстве полимеров использовались статические давления порядка 10^7 Па. И лишь в самое последнее время предприняты попытки полимеризации с помощью ударных давлений в десятки и сотни тысяч атмосфер.

Нам представляется возможным использовать в качестве инструмента для полимеризации... воду! В воде легко создавать ударные давления и в миллионы атмосфер. Конечно, заранее никто не может сказать, как поведут себя растворенные в воде вещества при таких давлениях, но в том, что полимеризация их возможна, мы можем (забегая вперед) сослаться на хорошо известный исторический пример происхождения белковой молекулы, праматери всего сущего на Земле - она возникла в воде. А что же такое белок, как не сложнейший полимер?

Это будет совершенно новая отрасль производства синтетических веществ. Сегодня никому в голову не придет соединить в полимерные цепи атомы железа. Или меди. Но кто знает, не станет ли это возможным в будущем с помощью воды и в самой воде?

Вода станет надежным союзником большой химии.

Обманутая кавитация

Ударные давления способны вызвать самые различные качественные превращения вещества. В том числе и самой воды.

До сих пор разрушительная деятельность кавитационных пузырьков, возникших в потоке жидкости, трактовалась лишь как механическое воздействие на кристаллическую решетку металла. Непонятным в этой механической трактовке оставалось одно обстоятельство: почему кавитация довольно легко "расправляется" с одними металлами и сплавами и "ломает зубы" о другие, менее прочные металлы и сплавы?

Тут-то и вспомнили сущую малость, которой и нам не было нужды касаться. Оставаясь лучшим диэлектриком на Земле, вода все-таки не является идеальным препятствием для электрического тока. Даже при нормальных атмосферных условиях в ней самопроизвольно образуются ионы. Совсем в ничтожном количестве, но все-таки образуются. В 1 т воды содержится всего лишь 0,1 мг ионов H^+ и 1,7 мг ионов OH.

Однако в тот момент, когда лопается кавитационный пузырек, возникают ударные давления в сотни тысяч и миллионы атмосфер, они обрушиваются на стенки трубы и, естественно, на близлежащие слои самой воды. Если под воздействием этих давлений рушатся кристаллы металла, так почему должны устоять молекулы воды?

Распавшиеся молекулы воды - это уже суть ионы водорода и кислорода. Такая вода далеко не диэлектрик. Она - кислота чудовищной силы, в сравнении с которой все известные в химии кислоты покажутся безобидными жидкостями. Вода превратится в реактив, способный вызвать бурную ионообменную реакцию с металлом, из которого изготовлены труба, винт теплохода или лопасти турбины.

Такими соображениями руководствовались советские инженеры М. Трифель, Е. Штерн, А. Хаиларов и С. Мехмандеров, решившие "обмануть" кавитацию.

На Волжской ГЭС им. В. И. Ленина на ремонт была остановлена одна из турбин: за три года кавитация "съела" на ее лопастях 243 кг специальной антикавитационной стали. Согласитесь - "аппетит" у кавитации завидный! Колесо наварили, привели в порядок. Затем в колодце над колесом и под колесом смонтировали по медному поясу. К поясам и к колесу подключили ток низкого напряжения, т. е. сознательно превратили турбину в своеобразный гальванический элемент, с таким, однако, расчетом, чтобы ионообменная реакция шла

между водой и медными поясами, минуя лопасти турбины.

Через три года опытную турбину снова остановили на ремонт. Оказалось, что на этот раз кавитация "съела" всего лишь 7,35 кг металла - в 40 раз меньше, чем до включения электрической защиты!

Искусственная вода

Итак, вода не просто H_2O. Она - смесь из окислов различного сочетания изотопов водорода с изотопами кислорода. Число возможных сочетаний довольно велико - 42. Из них более или менее изучены 2. Остается еще 40. И даже при самом смелом полете фантазии невозможно предсказать, какие самые неожиданные свойства раскроет нам та или иная модификация воды.

Ясно, что по мере познания структуры воды, применяя все более совершенные методы теоретического анализа, используя ЭВМ, ученые смогут предсказать если и не все, то весьма многие свойства этих оставшихся 40 сочетаний. И не беда, если в природе не существует воды с предсказанными свойствами. Она будет создана сначала в лаборатории, а затем ее производством займется промышленность.

Мы убеждены, что именно одной или нескольким разновидностям воды, которые будут открыты в будущем, предстоит сыграть решающую роль в раскрытии таких биологических проблем как наследственность, деятельность мозга, излечение от недугов, долголетие... Но мы опять забегаем вперед. О той роли, которую вода играет в живой материи, пойдет речь дальше.

Вода и биология

Происхождение жизни на Земле

Бесспорно установлено: гидравлический удар - отменный мастер по части полимеризации молекул. Пока не любых. Полимеризация в воде и самой воды - дело будущего. И не такого уж далекого. Мы не сомневаемся, что еще увидим здания, сложенные из водяных блоков, что нам посчастливится надеть на себя костюм из водяной ткани, что нам доведется проехаться в машинах, кузова которых будут изготовлены из прозрачного сверхпрочного водопластика... Все эти чудеса скорее всего станут порождением гидравлического удара.

Сверхдавления - волшебная палочка, по мановению которой молекулы выстраиваются в полимерные цепи. Но ведь и все живое состоит из полимерных цепей. В таком случае у нас есть все основания полагать, что гидравлический удар и является возможным творцом всего живого на Земле. Доказательства?

Давайте рассуждать так: в далекие доисторические эпохи земная твердь испытывала толчки изнутри не в пример сегодняшним. В недрах планеты бушевали необузданные силы. И каждый толчок порождал в подкоровом веществе и в самой коре мощные колебательные процессы (ударные волны). Достигнув дна океана, такие колебания отзывались в воде знакомыми нам гидравлическими ударами. Или, точнее, бесконечной чередой гидравлических ударов.

Не беремся утверждать, что в те далекие времена сверхдавления в океане непременно влекли за собой полимеризацию воды, хотя и отрицать такую возможность тоже нет оснований.

Зато бесспорно другое: вода, этот всемогущий растворитель, с первых дней появления на Земле успела накопить в себе простейшие химические соединения, содержащие - "животворные" элементы, такие как фосфор, азот, углерод, кальций... Сверхдавления с помощью той же воды разбивали эти соединения, а затем "ткали" из них полимерные нити - строительный материал для простейших аминокислот.

Тут, конечно, не может быть и речи о случайностях или о слепой игре сил природы. Прежде чем создать жизнь, сверхдавления сами прошли длительную эволюцию своего совершенствования, приобретая определенную частоту колебаний, определенную амплитуду. К тому же их деятельность смогла проявиться лишь при определенных температурных условиях. Возможно, и сама вода к моменту возникновения аминокислот прошла какую-то предварительную "обработку",

приобрела какие-то специфические (полимерные?) свойства, которые утратила в более поздние эпохи и которые нам предстоит открывать заново.

Все-таки почему именно в воде

Молекула живого вещества - сложнейшее химическое соединение, возникшее в результате последовательной цепи окислительно-восстановительных реакций.

Подобные реакции никогда не смогли бы стать итогом взаимодействия кристаллических (твердых) веществ. Ибо как представить образование твердой белковой молекулы? Или, скажем, твердой клетки? Или способное передвигаться и мыслить гранитно-каменное существо? Мы уже не говорим о том, что скорость протекания твердофазных реакций в сотни и тысячи раз ниже скорости в жидких растворах. Твердое живое существо оказалось бы фантастически тугоумным.

Отпадает возможность образования живого существа и из газовых составляющих. Конечно, газофазные реакции протекают достаточно быстро, но вообразить такое существо еще труднее, чем кристаллически твердое.

Следовательно, единственной средой, в которой могла возникнуть и эволюционировать жизнь, является жидкость, жидкий растворитель. Ни остывающая кора Земли, ни ее по-венериански плотная некогда атмосфера никогда не смогли бы служить этой цели.

Ну, а если бы вместо океанов воды на Земле возникли океаны другого жидкого растворителя, например жидкого аммиака или фтористого водорода? Появилась бы жизнь в таких океанах?

Мы утверждаем: нет, не появилась бы. И вот почему.

Жидких растворителей известно великое множество. Однако в отличие от воды, каждый из них в той или иной степени обладает избирательностью. Так, в жидком аммиаке растворяются только те вещества, которые становятся в нем кислотами. Основаниям туда путь закрыт, и потому производить в жидком аммиаке реакции с основаниями невозможно.

В жидком фтористом водороде (тоже отличный растворитель), наоборот, растворяются вещества, проявляющие себя как основания. Значит, не может быть и речи о реакциях взаимодействия с кислотами в среде из фтористого водорода.

Таким образом, ни в жидком аммиаке, ни в жидком фтористом водороде невозможно осуществить цепь кислотно-основных взаимодействий. А ведь молекулы живого вещества как раз и возникают в результате таких реакций.

Что касается прочих растворителей, то с ними дела обстоят еще хуже. Во-первых, они обладают очень низкими растворяющими способностями, а во-вторых, вступают в очень

узкий круг окислительно-восстановительных реакций. Каждый из них препятствует большей или меньшей группе жизненно необходимых взаимодействий, без которых не может быть и речи о возникновении самой простейшей аминокислоты.

Подлинно "жизненный" растворитель должен быть, как говорят химики, амфотерным, т. е. одинаково охотно вступать в реакцию и с кислотами, и с основаниями, способствовать любым реакциям.

Таким универсальным растворителем является только вода. Разумеется, к универсальной растворяющей способности мы должны добавить и другие ее "жизнеутверждающие" качества: высокую диэлектрическую постоянную, высокую теплоемкость и пр.

Биологические проблемы гидравлического удара

Если гидравлический удар был творцом белковой молекулы в далеком прошлом, отчего бы не заставить его выполнять эти функции в настоящем? Самых высоких давлений, которых можно достичь ныне, пока для этой цели маловато. Но техника освоения сверхвысоких давлений уверенно идет вперед. Высокие ударные давления позволяют превращать каучук в резину, уже удалось осуществить поликонденсацию аминокислоты (αL-аламин).

Освоение полимеризации воды не только расширит ее чисто производственные возможности (детали машин, ткани), но превратит гидравлический удар в "шеф-повара" на всепланетной сказочной кухне. С помощью гидравлического удара в воде человечество освоит изготовление искусственных белков. Появятся фабрики по производству искусственного хлеба, искусственного молока, мяса, более качественных и более питательных, чем то, что мы получаем сегодня от природы. А главное - дешевых и в неограниченном количестве. Человечество избавится, наконец, от забот о хлебе насущном.

Магнитное поле, вода и кровь

В магнитном поле вода не остается инертным, безучастным веществом - она меняет свои физико-химические свойства. Пришло время еще раз вспомнить о том, что наше тело на 65 % состоит из воды. Наш организм по сути - водный раствор различных органических веществ. Любая клетка нашего организма в основе своей имеет воду. Кровь на 80 % - вода, почти "чистая вода".

Судите сами: может ли наш организм не реагировать на воздействие магнитного поля, если на воздействие этого поля так чутко реагирует основа организма - вода?

Попытки применить магнит в лечебных целях уходят в седую старину. Вероятно, они начались с того дня, когда наш далекий предок впервые взял в свои руки кусок руды, обладающий таинственным свойством притягивать железо.

И в каком только виде не использовали магнит древние врачеватели! Алхимики приготовляли из магнита мази, порошки, микстуры. Магнитные бруски или пластинки прикладывались к телу больного, к ранам, опухолям. Известный естествоиспытатель Парацельс, тот самый, который открыл "горючий воздух" - водород, писал: "... Я утверждаю ясно и открыто, на основании произведенных мною опытов с магнитом, что в нем скрыта тайна высокая, без которой против множества болезней ничего поделать невозможно...". Пожалуй, сказано излишне категорично. Но не предвидение ли это ума смелого и трезвого?

Увлечение магнитом то охватывало все слои населения, то, наоборот, осмеивалось. Однако никогда не бывало забыто вовсе.

Знает ли история подлинные исцеления магнитом? Отрицать так же категорично, как утверждал Парацельс, на наш взгляд, нет оснований. В многоголосном хоре невежд легко затеряться робкому голосу истины. Ведь случилось же, что алхимики в слепых и бесплодных поисках философского камня наткнулись на секрет изготовления фосфора.

Эксперименты с магнитным полем, проведенные Джено Барнети (США) на мышах, показали, что магнитное поле оказывает на кровь воздействие, прямо противоположное ионизирующему излучению, - оно повышает количество белых телец крови. Напрашивается возможность использовать магнитное поле в качестве защиты от лучевого поражения, в частности от воздействия космических лучей в открытом космосе.

Далее Д. Барнети обратил внимание на то, что магнитное поле омолаживает старых мышей, их мех становится гладким,

лоснящимся, кожа разглаживается. Что это? Магнитное поле образует в организме "живую воду", эликсир возвращения молодости?

Эксперимент успешного использования магнитного поля на человеческом организме провели работники Медицинского института г. Перми. В 1938 г. в клинике института из 21 пациента, страдавших кожным заболеванием - эпидермофетией, было полностью излечено 15. У остальных шести наступило значительное облегчение. С тех пор и по сей день в больницах Перми продолжают успешно применять магнитное поле. Врач А. А. Тюряева использует магнитное поле как обезболивающий фактор и как средство, ускоряющее рубцевание ран и язв. Успешное применение магнитного поля в экспериментальной онкологии подтверждено многими коллективами советских исследователей. Ботаник П. П. Чуваев в 1969 г. установил, что слабое магнитное поле меняет наследственность микроорганизмов.

Еще в 1935 г. немецкие ученые подметили, что в периоды магнитных бурь, при которых напряженность поля Земли резко возрастала, заметно увеличивается число нервных и психических заболеваний. В то время сообщение немецких ученых было встречено с недоверием. Но последующие статистические сопоставления, проведенные в США, полностью подтвердили эти наблюдения.

Статистические исследования, проведенные во Франции и в Советском Союзе, с абсолютной достоверностью показали, что число сердечнососудистых заболеваний и смертельных исходов от инфаркта миокарда резко увеличивается в периоды магнитных бурь. На ряде курортов уже имеются специальные службы, оповещающие врачей о приближении магнитной бури. Тяжело больные немедленно помещаются в палаты с антимагнитной экранировкой.

Вопрос о влиянии магнитного поля на организм человека встает со все большей остротой и становится особенно актуальным в наш век освоения космического пространства. Сильные магнитные поля будут возникать на космических кораблях будущего, снабженных термоядерными реакторами, ионными или фотонными двигателями. Космонавты рискуют оказаться на планетах с более сильным магнитным полем, чем то, к которому они приспособились на Земле. Они могут попасть в пространство, где вообще не будет магнитного поля. Как все это отразится на состоянии экипажа?

В Японии широко распространено ношение магнитных браслетов на запястьях рук. Японские ученые утверждают, что

такие браслеты препятствуют повышению давления крови, т. е. являются профилактическим средством от гипертонии, а для тех, кто ею страдает, - средством для облегчения страданий.

Итак, всякое изменение напряженности магнитного поля сказывается на человеческом организме - факт, который уже никто не осмеливается опровергать. Правда, исследования этого влияния еще не вышли из стадии "алхимических" методов. Механизм воздействия магнитного поля на живой организм, несмотря на все старания, остается полнейшей загадкой. А отсюда и последствия: у исследователей нет единого мнения, когда и в каких дозах следует применять магнитное поле в лечебных целях. Иногда, тот же эффект дает повышенная напряженность поля, а иногда, наоборот, - пониженная. На результатах магнитотерапии сказывается возраст пациента, его психическое состояние и пр.

Нам же пока остается право присоединиться к предположению У. Ахмерова и А. Бильдюкевича: не является ли основным звеном воздействия поля на воду перевод ее из парасостояния в ортосостояние или наоборот? А может быть, сюда следует присовокупить и влияние растворенных в воде веществ?

Почему вымерли динозавры

Чтобы более убедительно показать роль взаимодействия в цепи магнитное поле - вода - все живое на Земле, приведем две интересные, на наш взгляд, гипотезы.

Гипотеза, согласно которой эволюция на нашей планете в значительной степени зависит от того, в какую сторону смотрит стрелка магнитного компаса, вызывает все более пристальное внимание ученых. Геологические исследования последних лет достаточно точно установили, что за всю историю Земли магнитное поле неоднократно меняло свое направление, причем смена полярности происходила в течение примерно 100 млн. лет.

В 1963 г. канадский профессор Роберт Аффен высказал предположение, что именно перемагничивание привело к массовому вымиранию морских организмов. Это вымирание имело место по меньшей мере 6 раз (начавшись примерно 500 млн. лет назад), причем каждый раз незамедлительно вслед за изменением полярности. В процессе перемагничивания напряженность поля падала до нуля и затем снова возрастала, но уже с обратным знаком. Таким образом, на какой-то промежуток времени поверхность Земли, обычно защищаемая панцирем магнитного поля, буквально "купалась" в космической радиации. Р. Аффен предположил, что этот внезапный скачок радиации мог вызвать биологические мутации, явившись одним из основных факторов эволюции всего живого.

Однако другой канадский ученый, Ян Крейн возражает, считая, что причиной массового вымирания животных на Земле было не влияние радиации, а непосредственное снижение напряженности магнитного поля в процессе изменения его полярности. "Судя по древним окаменелостям, - заявляет Крейн, - влияние изменения магнитного поля может оказаться катастрофическим...".

Не по этой ли причине вымерли гигантские ящеры?

Вторая гипотеза свидетельствует о том, что не следует пренебрегать воздействием магнитных полей на живой организм, состоящий в основном из воды.

Историческая зоогеография приводит факты, согласно которым новые типы животных появились не вдруг и не повсеместно, а прежде на территории отдельных районов земного шара. Причем как раз в этих районах наблюдалось наибольшее число "вариантов" возникающих родов и видов. В третичное время одним из подобных центров появления новых форм жизни стали, например, Северная Индия и Центральная Азия. Хоботные

также, к примеру, возникли не повсеместно, а сначала лишь в Северо-Восточной Африке. Подобные центры развития имел и человек.

Если сопоставить историко-зоогеографические карты с геофизическими, то окажется, что центры видообразований совпадают с зонами крупных магнитных и электромагнитных аномалий! Причем чаще всего эти центры приурочены к районам, где аномалии, перемещаясь секут зону 35-й параллели северной широты, где магнитное поле отличается большой изменчивостью. Что тут можно предположить? Скорее всего, магнитная неустойчивость влияет на наследственность, постепенно, но неуклонно перекраивая живой организм.

Еще раз о "мертвой" и "живой" воде

Исследования окиси дейтерия (тяжелой воды) показали, что это мертвая вода в полном смысле этого слова, - она не поддерживает жизненных процессов, останавливает деятельность растений, а в лучшем случае резко замедляет (угнетает) процесс развития.

Установлено, что замедление химических реакций в дейтериевой воде происходит в 6-8 раз. При 0°С протий (!Н) взаимодействует, например, с хлором в 13,4 раза быстрее, чем дейтерий (D_2). Особенно ощутимой становится эта разница для реакций, идущих с участием катализатора. Но ведь именно каталитические реакции обусловливают обмен веществ в растительной и живой материи.

Вывод: чем меньше в обыкновенной воде окиси дейтерия, тем выше ее биологическая активность. И хотя в обыкновенной воде окиси дейтерия ничтожно мало (всего каких-то 0,015 %), первые же опыты на клеточных организмах, растениях и мышах дали поразительные результаты. Так, урожай пшеницы на опытном участке, зерна которой предварительно замочили в воде с пониженным содержанием дейтерия, оказался на 56 % выше, чем на обычном участке.

И раздались голоса в пользу полного изъятия дейтерия из употребляемой в пищу воды. Тогда процесс развития ребенка и превращение его во взрослого человека значительно ускорится. Получение же чистой протиевой воды для современной техники не проблема. Но тут возникли сомнения.

Ускоряя процесс ассимиляции в обмене веществ, не ускорит ли вместе с тем такая живая вода и процесса дессимиляции, т.е. сокращая время созревания, превращения ребенка в зрелого человека, не сократит ли она (да еще в большей степени) и время превращения зрелости в глубокую старость? Короче говоря, возникли опасения, что полное изъятие из воды дейтерия приведет к сокращению общей длительности человеческой жизни. Вряд ли устроит нас такая живая вода.

И еще одно обстоятельство, поколебавшее веру в живую протиевую воду. Вам уже известно, что наш организм на 65 % состоит из воды. И в этой воде 0,015 % дейтерия. По количественному содержанию (в атомных процентах) он занимает 12-е место среди химических элементов, из которых построено тело человека. В этом отношении его следует отнести к разряду микроэлементов. Вот в этой-то когорте дейтерий сразу попадает на первое место. Содержание таких микроэлементов, как медь,

железо, кадмий, марганец, цинк, молибден, в нашем теле в десятки и сотни раз меньше, чем дейтерия. Тем не менее стоит уменьшить и без того мизерное количество любого из них, если последуют функциональные расстройства в деятельности организма. Что же случится, если удалить весь дейтерий? Какую персональную роль отвела ему природа в таком сложнейшем "сооружении", каким является живое существо?

На эти вопросы науке еще предстоит ответить. Пока мы можем сказать одно: меняя количественное содержание дейтерия в растительном или живом организме, мы, без сомнения, получаем возможность управлять биологическими часами, т. е. ускорять или замедлять ход жизненных процессов.

Тепловое реле

Человеческий организм обладает замечательным свойством теплового саморегулирования. Нормальная температура нашего тела колеблется в очень узком интервале: 36,6-37,0 °С. Отклонение от этой нормы даже на несколько десятых градуса - свидетельство заболевания, нарушения нормального функционирования того или иного органа.

До сих пор науке не удается постичь секрет механизма теплового саморегулирования. Ясно лишь одно - такое регулирование идет с помощью потока крови, совершающего непрерывный кругооборот, как совершает его жидкость в охлаждающей системе автомобильного двигателя.

Но ведь, с нашей точки зрения, кровь - это прежде всего вода. И тогда на автоматизм теплорегулирования мы вправе взглянуть и с чисто "водяных" позиций. Дело заключается, прежде всего, в способности воды (крови) отнимать (и соответственно возвращать) тепло в столь значительных количествах, какие не под силу любой другой жидкости. Лучшего теплоносителя, чем вода, природа не знает.

Однако кровеносная система представляет собой сложнейшее разветвление тысяч крупных и мелких сосудов, капилляров. Наше тело пронизано ими до самой последней клетки, от кожного покрова до глубин головного мозга. И если бы выравнивание температуры разных участков тела происходило только за счет перемешивания крови, то на такую процедуру уходили бы часы, а то и дни. Между тем каждая (!) клетка нуждается в строго постоянном тепловом балансе с окружающей средой, без чего невозможен нормальный обмен веществ.

Что же происходит, если заболевание или изменившиеся внешние условия вызвали местный перегрев организма?

Прежде всего, реагирует нервная система, которая так же разветвлена, как и кровеносная. Нервные волокна пораженного органа приходят в возбужденное состояние. Каждый возбужденный нерв окутывается магнитным полем, и часть водородных атомов крови (воды!) в сосудах, прилегающих к такому нерву, переходит из парасостояния в ортосостояние (или наоборот). Энергоемкость крови резко меняется. Кровь получает возможность поглощать (или выделять) дополнительные порции тепла. Причем, все это происходит мгновенно. А постоянная циркуляция крови позволяет поддерживать этот процесс до тех пор, пока не будет устранен источник раздражения (перегрев, переохлаждение).

Безусловно, мы упрощаем картину происходящего в нашем теле. В действительности в теплорегулировании принимает участие множество факторов. Но, не затрагивая чисто физиологической стороны вопроса, мы лишь беремся утверждать, что без наличия аномальных свойств воды самотеплорегулирование организма было бы вообще невозможно.

Со временем ученые до конца разберутся в механизме теплорегулирования. А разобравшись, научатся и управлять им. Какая же это будет победа над природой! Люди с одинаковой легкостью смогут переносить и лютые морозы, и испепеляющую жару - для этого лишь придется изменить тепловой баланс между телом и окружающей средой, т. е. позволить крови либо задерживать тепло в теле, либо свободнее отдавать его в окружающую среду. И отпадет нужда в теплой одежде. Зимние купания станут обычным делом. Более того - ледяные поля Арктики и Антарктиды превратятся в своеобразные пляжи, на которых даже во время полярной ночи юноши и девушки будут играть в мяч, как ныне играют на черноморских пляжах.

И вполне возможно, что именно тепловое изменение режима человеческого тела станет одним из условий для успешного обживания иных планет, находящихся далеко от Солнца (Марс, Юпитер, Уран, Нептун) или, наоборот, в непосредственной близости к нему (Венера, Меркурий).

Пока же нормальная температура нашего тела остается в чрезвычайно жестком допуске: 36,6-37,0 ˚С. Но почему не 46,6-47,0 ˚С или не 26,6-27,0 ˚С?

Теплорегулирование, как мы уже пытались доказать, зависит от уникальной способности воды поглощать (или отдавать) тепло в больших количествах. Количество тепла, необходимого для нагревания 1 кг вещества на 1 ˚С, называется удельной теплоемкостью. Величина удельной теплоемкости не остается постоянной. Не все равно, нагреть ли вещество от 0 ˚С до +1 ˚С или от + 100 ˚С до +101 ˚С. У всех веществ с повышением температуры нагрева возрастает и величина удельной теплоемкости. У всех, но не у воды.

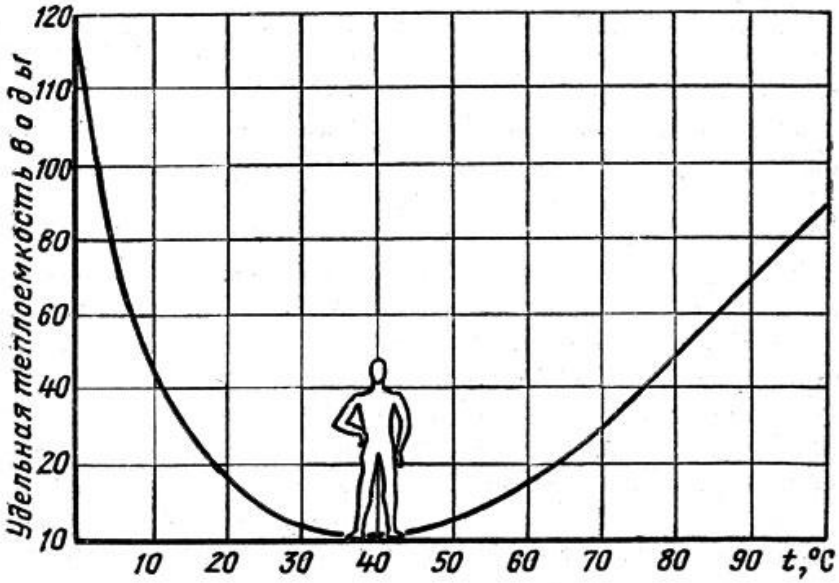

Рис. 13. Изменение величины удельной теплоемкости воды в зависимости от температуры

У воды от 0 ˚С до +37 ˚С теплоемкость падает, а начиная с +37˚ до +100˚С возрастает. Таким образом, легче всего вода нагревается и быстрее всего охлаждается в своеобразной температурной "яме", дно которой соответствует интервалу 35-40 ˚С (рис. 13).

Следует добавить и еще одно обстоятельство - наиболее интенсивно химические реакции обмена веществ идут также в интервале 35-40 ˚С. Получается будто природа, создавая человека, мудро снабдила его оптимальным, т. е. экономически наивыгоднейшим режимом работы всего организма в целом.

Механизм мышления

Самой большой загадкой Homo sapiens является не только способность мыслить, но, главное, способность мозга перерабатывать и запоминать колоссальное количество информации. Запоминать прочно, иногда на всю жизнь.

Каких только гипотез, объясняющих работу мозга, не высказано! В основу одних положены электрохимические процессы, в основу других молекулярные и субмолекулярные...

На наш взгляд, наиболее убедительной является гипотеза ученых Казанского университета У. Ахмерова и А. Бильдюкевича. Она опирается на известные нам свойства молекулы воды - переходить из парасостояния в ортосостояние и обратно. Как уже отмечалось, суть воздействия магнитного поля на молекулу H_2O состоит в том, что один из протонов H^+ меняет знак своего спина, т. е. меняет направление вращения вокруг собственной оси. Это происходит скачкообразно: шарик-протон перевертывается в плоскости своей орбиты, его полюса меняются местами. Энергетический уровень молекулы H_2O при этом также делает скачок в сторону повышения или в сторону уменьшения энергии.

Нечто подобное происходит при работе триггера - элемента электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Триггер имеет два возможных состояния: "включено" (ток течет) и "выключено" (тока нет). Разве не напоминает поведение молекулы воды в магнитном поле? Поле есть - ортосостояние, поля нет - парасостояние. Вот вам и триггер.

В таком случае клетку нервной ткани можно рассматривать как микроскопическую ЭВМ. Молекулы воды, входящие в структуру ядра и плазмы, не просто присутствуют там, выполняя роль инертного растворителя. Нет, они наверняка объединены в единую систему, в один общий, отлично организованный, слаженно работающий агрегат.

Допустим, что в нормальном невозбужденном состоянии, т. е. при отсутствии сигнала извне, ровно 3/4 молекул H_2O в этом агрегате будут ортоводой и 1/4 - параводой.

Но вот поступил сигнал. Нервное волокно отвечает на него преобразованием накопленной в клетке химической энергии в электрическую. Вдоль волокна пробегает короткий импульс электрического тока. Волокно, подобно проводнику, окутывается магнитным полем. Немедленно приходит в действие вся система молекул H_2O. Фиксируя сигнал, часть молекул из парасостояния переходит в ортосостояние. Соотношение 3/4:1/4 нарушается.

Оно устанавливается в пропорции, строго соответствующей характеру сигнала, характеру информации.

Теперь представьте себе, какое астрономическое число сочетаний орто- и парамолекул становится возможным в каждой клетке! А ведь каждое сочетание - зафиксированная информация. Чем вам не блок памяти с колоссальной емкостью?

В мозгу человека, как утверждают биологи, содержится 14 млрд. нервных клеток (нейронов). В нашем понятии это 14 млрд. вычислительных машин, разрешающая способность каждой из которых (т. е. способность перерабатывать и запоминать информацию) невероятно велика. Даже самая современная ЭВМ не идет в сравнение с одной единственной клеткой!

А мозг в целом? Его можно представить как уникальную квантовую вычислительную машину с неисчерпаемой возможностью запоминания. Едва ли мы с вами даже при самой феноменальной памяти используем даже миллиардную долю этой возможности.

В гипотезе У. Ахмерова и А. Бильдюкевича делается еще одно важное допущение: в работе механизма памяти принимают участие одновременно все нейроны мозга. Они действуют как одно целое, слитно. Наш мозг функционирует сразу весь, включая одновременно бесконечное множество блоков памяти. И если один из блоков окажется заполненным или поврежденным, внешняя информация будет тут же подхвачена другим блоком без всякого ущерба для всей "машины" в целом. Отсюда объяснение той высокой надежности "квантовой ЭВМ", которая заключена в нашей черепной коробке.

Придет время, и гипотеза казанских ученых возможно превратится в теорию. Тогда в руках исследователей окажется оружие, с помощью которого можно будет неограниченно расширять и совершенствовать человеческую способность к феноменальной быстроте переработки информации и к сверхфеноменальной способности к запоминанию. Слова "забыл, забыла"... навсегда исчезнут из нашего лексикона.

До сих пор оставалось загадкой и еще одно обстоятельство в работе нашего мозга: чрезвычайно высокий коэффициент полезного действия. Наш мозг, эта невообразимая по числу ячеек памяти вычислительная машина потребляет всего каких-то 10 Вт. По аналогии с существующими ныне ЭВМ ей бы полагалась по меньшей мере мощность Днепровской ГЭС.

Гипотеза У. Ахмерова и А. Бильдюкевича легко преодолевает и это кажущееся противоречие. Для перевода молекул из парасостояния в ортосостояние и обратно затрачивается ничтожно малая энергия. Изменение знака спина происходит под

воздействием слабого магнитного поля. Именно такие поля и зафиксированы в нейроне в момент прохождения импульса.

Насколько гипотеза У. Ахмерова и А. Бильдюкевича близка к истине покажут дальнейшие исследования. Но мы уже не можем не согласиться с мыслью ученых, что именно воде принадлежит главенствующая роль в деятельности центральной нервной системы человека.

Таким образом, в нашем теле вода - не просто жизненно необходимый растворитель. Она не остается в клетках инертной жидкостью, подобно воде, налитой в графин для питья. Она - движитель разума.

Человек - будущий обитатель океанических пучин

Вода обладает свойством растворять в себе не только твердые и жидкие вещества, но и газы. Чем выше давление окружающей среды, тем более жадно вода поглощает газ. При снижении давления происходит обратное - выделение газа в окружающую среду.

Для гидравлической техники указанная способность воды - сущее бедствие. При малейшей потере бдительности проектировщиками она наказывает кавитацией. Но для органического мира, для живой ткани это свойство обусловливает самую возможность существования. Достаточно сказать, что все млекопитающие (не исключая и человека) живут благодаря кислороду, растворенному в крови (еще раз напомним: кровь - на 90 % из воды). Кислородом, растворенным в воде, дышит все живущее в океанах, морях, реках, озерах.

Однако рыба, выброшенная на берег, гибнет. Не странно ли? Находясь среди кислорода, погибнуть от кислородной недостаточности. Зато и человек, погруженный в воду без специальных защитных технических средств, обречен на гибель, хотя вокруг него будет более чем достаточно кислорода.

Испокон веков человек мечтает покорить морские глубины. Мы не будем восхвалять совершенные скафандры, ультрасовременные акваланги и маски. Мы отвергаем также беляевского Ихтиандра, который по воле писателя-фантаста был превращен искусным хирургом в рыбу-человека. Ихтиандру, как, должно быть, вы помните, сделали пересадку жабр акулы, и, кроме страданий, он ничего не получил.

Надо воспользоваться теми потенциальными возможностями для дыхания человека в воде, которые скрыты в самой воде. При этом следует отказаться от всяких технических средств. Да, человек должен в воде, как рыба, дышать кислородом, растворенным в воде, погружаться на любые глубины и находиться там сколь угодно долго. При этом за ним должна оставаться возможность в любое время по своему желанию покидать водную стихию и возвращаться на сушу. И обе стихии должны быть в равной степени подвластны ему стать для него одинаковой средой обитания.

Сверхфантастика? Несбыточно? Вы ошибаетесь, все это не так уж далеко от реального воплощения.

Еще в 1956 г. голландский физиолог Бурема проделал

сенсационный эксперимент: он поместил морскую свинку в специальную барокамеру, куда затем был накачан воздух давлением до $5*10^5$ Па. Затем из животного выпустили всю кровь. Однако свинка не погибла. Она продолжала жить, хотя должна была бы задохнуться, поскольку вместе с кровью организм лишился возможности получать кислород из окружающей среды. Спустя несколько часов ей влили ее же кровь, и она вела себя так, будто ничего особенного и не произошло.

В чем секрет успеха этого опыта? Все в той же способности воды растворять в себе газы из окружающей среды. А в том числе и кислород. При этом чем выше давление окружающей среды, тем больше кислорода растворяется в воде.

Но плазма каждой клетки живого организма - это прежде всего вода. Таким образом, при достаточно высоких давлениях кислород получает возможность проникать в ткани непосредственно из окружающей среды, не нуждаясь в услугах природного "транспортного средства" - потока крови.

В наше время барокамеры превратились в надежных союзников врачей в борьбе с кислородной недостаточностью, с расстройством дыхательных путей, газовой гангреной и другими заболеваниями.

В 1971 г. в редакцию журнала "Вокруг света" был приглашен Жак Майоль, побивший рекорд погружения в море без всяких дыхательных средств. Ему удалось достичь глубины 76 м. Погружение и возвращение на поверхность заняли 4,5 мин. На вопрос, что он испытывал при этом эксперименте, Жак Майоль ответил:

- Мне бывает так хорошо под водой, что время исчезает. Ни малейшего желания дышать (!): кажется, что под водой можно находиться вечно. Все это очень опасно: можно забыться, пропустить момент, за которым уже нет возврата на поверхность... Вообще-то я считаю, что организм человека, часто и долго находящегося под водой, приспосабливается к морской жизни. Например, под водой устанавливается другой ритм биения сердца. И я уверен, что человек и без помощи технических средств сможет стать подводным жителем.

Присутствовавший на этой беседе летчик-космонавт Борис Егоров поддержал Жака Майоля:

- Да, на глубине 500-700 м у человека есть все шансы (во всяком случае теоретически) стать Ихтиандром без помощи технических средств. Он сможет там плавать, как рыба. Жить как угодно долго. Важно лишь заполнить легкие водой. На глубине 500-700 м легкие человека, по-видимому, смогут усваивать кислород прямо из воды. Подобные опыты уже ставились на

мышах, собаках, Они жили под водой. Значит, и человек сможет жить под водой. Но... сможет ли такой человек вернуться на поверхность? Недавно появилось обнадеживающее сообщение - собаку, долгое время жившую в воде, удалось вернуть в обычные условия. Может быть, недалеко и то время, когда очередь дойдет до человека...

В 1974 г. рекорд Жака Майоля был перекрыт сицилийцем Энцо Майорка, прозванного - "живым батискафом". Он нырнул на глубину 87 м. А в 1977 г. Жак Майоль восстановил свое звание чемпиона, достигнув глубины погружения в 100 м! Остается ждать, когда будет покорен и 500-метровый рубеж.

Пушки и подснежники

Одним из аномальных свойств воды является увеличение ее объема при замерзании. Средневековые исследователи, желая испытать силу расширяющейся воды, пробовали замораживать ее в жерлах чугунных пушек. Не выдерживая давления, лопались и чугунные пушки.

Теперь мы знаем, чем вызвана столь большая разрушительная сила замерзающей воды, - все дело в водородных связях, которые при понижении температуры от +4˚ до 0˚С раздвигают молекулы воды, выстраивают их тетраэдр за тетраэдром.

Но взгляните на деревья, которые растут перед вашим домом. Почему они не лопаются даже при самых сильных морозах? Ведь в их стволах более чем достаточно воды. Или обратите внимание, как ранней весной высыпают на заснеженных еще полянах нежные и хрупкие подснежники. По ночам еще подергиваются ледком лужи и леденеют талые сугробы, а подснежникам ничего не делается. Их словно стороной обходит закон, по которому вода легко рвет трубы и пушки.

Конечно, ствол дерева или стебли подснежников обладают большей упругостью, чем металлические стенки труб. Растительные волокна легко растягиваются, и те 10-11 %, на которые увеличивается объем замерзающей воды, для них ровно ничего не значит. Но ведь дерево не сразу промерзает насквозь. Вначале должна заледенеть кора и превратиться в твердую оболочку. А заледенев, должна дать трещины. Так нет же, ничего этого не происходит. Никаких намеков на возможность разделить судьбу чугунных пушек. И самое удивительное заключается в том, что после оттаивания деревья и прочие растения высоких широт возвращаются к нормальной жизнедеятельности. Некоторые виды сибирских растений подвергались замораживанию в жидком азоте до температуры -196 ˚С (77 К). Ветки вербы выдерживают замораживание до температуры -269 ˚С (4 К). И никаких разрушительных последствий оттаивания. Не только сохранились клетки, но не погиб, не распался белок.

Разумеется, морозостойки далеко не все растения земного шара. Растительный мир высоких широт прошел длительный путь эволюции, прежде чем приспособился к низким температурам. Некоторые ученые полагают, что тайну морозоустойчивости деревьев следует искать в выработке их тканями особого морозозащитного гормона, который и препятствует гибели клеточного белка.

Пока такой гормон не обнаружен, но если даже поверить, что

он все-таки существует, то остается загадкой, как ему удается сделать дерево стойким там, где разлетаются чугунные пушки? Гораздо проще предположить другое: способность дерева при наступлении холодов переводить воду внутри себя в состояние воды II. Напомним, что вода II не замерзает ни при каких земных морозах. Охлаждаясь, она не затвердевает, не расширяется и не образует губительных для клеточной структуры кристалликов льда.

Конечно, все может оказаться гораздо сложнее. Недавно был установлен такой любопытный факт: измерение температуры деревьев показало, что у некоторых из них температура волокон, достигнув 10 градусов ниже нуля (263 К), вдруг перестает понижаться. Что это - самотеплорегулирование?

Таким образом, и в растительном мире вода задает загадки. Разгадка же секрета морозостойкости растительного мира будет иметь для человечества неоценимое значение. Люди по своему желанию сделают морозостойкими любые растения. Тогда цитрусовые рощи раскинутся в тундре, чайные плантации появятся на Северном Урале, а под Архангельском и Мурманском будет зреть виноград.

Одновременно мы научимся переводить и почвенную воду в дерягинскую воду II. Тогда и почва станет незамерзающей, на ней смогут круглый год расти хлеба. И фруктовые сады будут плодоносить круглый год не только на юге, но и за Полярным кругом. К тому же нельзя забывать, что когда-то, вероятно, предстоит осваивать ледяные пустыни Марса, где даже в тропиках ночами трещат морозы под -70 ˚С. Зато к полудню температура там подымается до +25 ˚С. Так что с помощью воды II там можно вполне обосноваться и создавать растительный покров.

Машина времени

Анабиоз... Со страниц научно-фантастических произведений он уже давно перекочевал в операционные и в исследовательские лаборатории медиков и биологов.

Охлаждение замедляет все физиологические процессы в организме, облегчает работу хирурга при сложных и длительных операциях на мозге. К тому же низкая температура подавляет деятельность микроорганизмов и вирусов.

Так, зимовщики-исследователи, живущие на самом морозном континенте планеты - Антарктиде, не ведают простудных заболеваний. Антарктида - единственный уголок Земли, где нет гриппа. Это замечательное обстоятельство объясняется тем, что микробы и вирусы не в состоянии приспособиться к суровым условиям "белого континента".

Применение анабиоза предусматривает возможность охлаждения человеческого организма до полного замораживания. Очевидно, вначале будет освоено замораживание отдельных органов, а когда-то в будущем - всего организма. Что даст такое замораживание?

Охлаждение до температуры - 272 ˚С (1 К) позволит убить в человеческом теле все болезнетворные микроорганизмы, все вирусы. Холод космического пространства позволит исцелить людей от всех неизлечимых ныне недугов.

Однако на пути полного замораживания человека еще множество нерешенных проблем. Одна из них - аномальное расширение воды при замерзании. Образующиеся кристаллики льда должны неизбежно порвать оболочку клетки, разрушить ядро, все ее составляющие. Неотвратимая гибель клеток - вот главное, что тормозит использование при анабиозе самых низких температур.

Но эксперименты по замораживанию тканей убедительно показали, что возвращение к жизни возможно, если охлаждение и последующее оттаивание вести с большими скоростями - 100, 200 ˚С

в мин и более. Современной технике такие скорости пока недоступны. Дело в том что процесс замерзания должен идти одновременно по всей глубине тела. Замерзать должны одновременно все клетки. Так же сразу они должны и оттаять.

Чем вызвана необходимость таких больших скоростей? Оказалось, что при столь резком снижении температуры вода в клетках не успевает превратиться в лед. Замерзая, она продолжает оставаться водой. Она не расширяется, не разрушает

клетку. Короче говоря, быстрое охлаждение переводит внутриклеточную воду в дерягинскую воду II или в близкое к ней состояние.

Здесь и таится разгадка и проблема анабиоза при сверхнизких температурах. Только прежде следует решить проблему познания самой воды II, до конца выяснить ее природу, найти способы перевода обыкновенной воды в воду II. Когда эта задача будет решена, возрастет не только могущество медицины. Люди создадут своеобразную машину времени - они смогут отправляться в далекое будущее как живые свидетели прошлого. Единственным недостатком такого путешествия во времени будет невозможность возвратиться обратно.

Загадка растительного мира

Вспомним знаменитые опыты Торричелли с трубками, заполненными ртутью, или водой. Верхний конец трубки запаивался, а нижний, открытый, опускался соответственно в чашку с ртутью или с водой.

Торричелли брал трубки различной длины, но в них всегда устанавливался столб жидкости постоянной предельной высоты: для ртути 760 мм, для воды 10 м. Если высота трубки оказывалась больше указанных высот, то в трубке над поверхностью жидкости образовывалась так называемая "торричеллиева пустота".

Постоянство предельных высот столбов воды и ртути обусловливается постоянством той силы, которая удерживает эти столбы. Это атмосферное давление.

Чтобы привести в действие и заставить работать атмосферное давление, нужно над поверхностью жидкости создать разрежение. Именно на этом принципе основан процесс всасывания жидкости насосом. И мы точно знаем: выше чем на 10 м при нормальных атмосферных условиях поднять воду разряжением с ее поверхности к насосу по всасывающей трубе не удастся - не хватит атмосферного давления.

В растительном мире нарушается и эта закономерность. Деревья всасывают воду из почвы на высоты, значительно превышающие 10 м. Среди них есть подлинные "небоскребы" с высотой всасывания 100-150 м. Что это - нарушение закона сохранения энергии? Ведь силой атмосферного давления не поднять столб воды на такую высоту.

Нет, закон сохранения энергии всегда и всюду остается незыблемым. Просто на сцену выступают еще неведомые нам силы. Непонятным образом деревья заставляют работать воду на растяжение. Ведь чтобы поднять воду выше 10 м, нужно создать в ней отрицательные давления, "тянуть" ее вверх, как тянут трос с грузом.

До сих пор понятие отрицательных давлений в жидкости считалось абсурдом. В жидкостях и до нуля-то не удается снизить давление. Как только давление в жидкости понизится до давления насыщенных паров, она закипит. Но ведь это в обыкновенной, привычной нам жидкости.

Не, вводя понятия отрицательных давлений, не объяснишь всасывания воды на высоту 100-150 м. И при этом никаких намеков на кавитацию! Каким образом удается это деревьям, наука пока объяснить не может. Даже гипотез на этот счет нет.

Нам же остается предположить, что в капиллярах дерева вода меняет свою структуру, превращается в полимер, приобретает свойства работать на растяжение.

Рекорды водопития

Чтобы дерево или растение получало воду из почвы, нужно, чтобы в почве постоянно находилась вода. И как можно больше, и как можно ближе к поверхности земли, дабы корни растений могли дотянуться до живительной влаги.

Казалось бы, как удержаться воде у поверхности почвы? Ведь как и все жидкости, обладая текучестью, она под действием собственного веса должна была бы стремиться уйти в глубину.

Но почва (особенно возделываемая) обладает свойством капиллярности. И здесь в полную меру проявляется одно из уникальных свойств воды - большое поверхностное натяжение. По капиллярам почвы вода устремляется вверх, к поверхности земли, к корням растений. Благодаря исключительно высокому поверхностному натяжению снизу вверх к корням растений движутся целые реки, озера... моря воды.

Судите сами: за один сезон от всхода до созревания пшеница "выпивает" с каждого гектара до 2000 т воды, кукуруза еще больше - 3200 т. Но рекорд водопития пока остается за капустой - с каждого гектара она выкачивает за сезон порядка 8000 т воды!

Таким образом, всему, что дает нам земледелие, всему, что мы получаем с полей, огородов, садов, - всему этому способствует мощное поверхностное натяжение воды, проявление сил водородных связей в ее молекулах. Если бы эти связи оказались менее значительными, почва просохла бы на такую глубину, до которой не смогли бы дотянуться корни растений и деревьев. О возможных последствиях догадаться нетрудно.

Вода, космос и человек

Обладание водой не является счастливой привилегией нашей планеты. В падающих на Землю небесных камнях - метеоритах, как уже говорилось, ее содержится до 0,5 %. Ученые с достаточной убедительностью установили: вода в том или ином состоянии присутствует на кометах, астероидах, малых и больших планетах Солнечной системы.

А на самом Солнце? Температура на поверхности нашего дневного светила слишком велика, чтобы вода могла находиться там даже в парообразном состоянии. Однако составные части воды - водород и кислород - там в предостаточном количестве. Особенно много на Солнце водорода. Не будет преувеличением, если мы скажем, что фактически оно сложено из одного водорода. Как сейчас установлено, вся вселенная на 98 % состоит из водорода.

А кислород? На раскаленном светиле его тоже предостаточно. По количеству атомов он занимает там четвертое место после водорода, гелия и углерода.

Так что все дело в температуре. Окажись она на Солнце на несколько тысяч градусов ниже, и атмосфера его состояла бы из одних паров воды.

Примерно так же обстоит дело с водой и в иных звездных системах. Планеты далеких звезд пока недоступны нашим наблюдениям. Но что касается самих звезд, то химический состав их атмосфер уже не представляет секрета. Как показал спектральный анализ, он примерно такой же, как и химический состав Солнца, и весьма близок к химическому составу земной коры. Причем близость не только качественная, но и количественная (процентное соотношение по числу атомов). Если же количественные отклонения и имеются, то главным образом за счет водорода и гелия. Недра звезд, согласно сегодняшним представлениям, как и Солнце, состоят в основном из водорода.

А планеты, если таковые и окажутся у той или иной звезды, едва ли будут резко отличаться по химическому составу от планет Солнечной системы - они наверняка будут сложены из тех же кирпичиков, из которых сложено все Мироздание и основными среди которых являются водород и кислород.

Еще сравнительно недавно астрономы утверждали, что все звезды образовались почти одновременно десятки миллиардов лет назад, т. е. задолго до того как возникла Земля.

Появление современных средств наблюдения опровергло это метафизическое толкование. Теперь установлено: немало звезд

вспыхнуло, когда на Земле уже существовал человек. Сегодня астрономы имеют возможность наблюдать звезды на ранних стадиях их эволюции: всего несколько тысяч лет назад в результате конденсации межзвездной газово-пылевой среды образовались сравнительно плотные сферические сгустки. Их назвали протозвездами.

Радиоастрономические наблюдения над протозвездами дали неожиданный результат. Оказалось, что это гигантские мазеры (газовые лазеры). На волне длиной 18 см они излучают необычайно яркую (как и положено мазеру) линию гидроксила. Напомним, что гидроксил имеет формулу ОН и представляет собой соединение одного атома водорода с одним атомом кислорода. Гидроксил - по сути, "осколок" H_2O.

Далее последовал еще один сюрприз: на волне 1,35 см некоторые протозвезды дали еще более яркую линию... водяных паров. Согласно радиоспектру протозвезда состоит в основном из молекул H_2O!

Итак, возникновение звезды начинается с конденсации межзвездной воды (ОН тоже почти вода), с образованием из нее гигантских мазеров, первичных космических тел, будущих небесных светил. Уплотняясь и сжигая водород, протозвезды постепенно превратятся в термоядерные горнила, возвестив о своем рождении сначала темно-красным, а затем и ослепительно белым сиянием.

"Все начинается с воды", - утверждал Фалес из Милета. Великим провидцем оказался мудрец древней Эллады.

Человека, твердо стоящего на позициях диалектического материализма, не смущает то однообразие химических элементов и элементарных частиц, которое согласно современным представлениям астрофизики окружает нас в бесконечном пространстве. В какую бы галактику не проник наш взор с помощью новейших средств наблюдения, мы находим там все те же углерод, кислород, гелий.,, и прежде всего водород.

Такое сравнительное химическое однообразие вещества в космосе блестяще подтверждает материальное единство мира, то единство, на которое опирается коммунистическое мировоззрение. Материальное единство влечет за собой и неизбежное единство действующих в космосе сил. Это означает, что характер взаимодействия атомов водорода с атомами кислорода в любой звездной системе не будет отличаться от характера подобного взаимодействия на нашей Земле. Это означает также, что результатом реакции $2H+O$ может стать лишь хорошо известная нам H_2O со всеми ее аномалиями.

Посмотрите, к каким выводам ведут нас размышления над

всегалактической водой и ее ролью в создании человека.

Жизнь на Земле возникла в океане.

Жизнь на Земле могла возникнуть только в воде.

Это что - случайность? Нет, это твердая закономерность в эволюции природы, это результат проявления аномальных свойств окиси протия. Только в воде смогли возникнуть те первопричины, которые соткали основу живой материи - белковую молекулу.

Значит, и в любой другой самой дальней галактике, на любой из неведомых нам планет белковая молекула может стать только результатом деятельности идентичных источников, действующих в идентичных земных условиях. Вполне возможна полимеризация и без участия воды, но такая полимеризация никогда не приведет к возникновению живого вещества, не приведет к рождению клетки. Схема возникновения белковой молекулы едина для всего Мироздания: вода - гидравлический удар - полимеризация при участии воды. Вода - вот основной стержень в эволюции живого. Единственный цемент в строительстве живого - водородные связи.

В любой галактике эволюция живого (безусловно, с возможными отклонениями) пойдет по единственно возможному пути, обусловленному все теми же аномальными свойствами воды; при отсутствии даже одного из них ни образование, ни существование живого и растительного мира становится невозможным.

А венчает эволюцию живого, как вам известно, появление разума. И мы вправе предполагать, что в какой бы галактике ни возник разум, он окажется облаченным в одну и ту же форму. Это будет Homo sapiens, безусловно в чем-то отличающийся от жителей Земли, быть может более совершенный или в чем-то им уступающий, но и обликом своим и сутью, безусловно, их повторяющий.

Доказательство тому - аномалия воды - такое же всеобщее свойство природы, как и материальность мира, как и всеобщность действующих в нем сил.

Заключение

Закончилась наша короткая экскурсия в удивительный мир воды. В неисчерпаемости загадок этого мира, мы надеемся, вы убедились. Бездонный и безбрежный мир непознанного!

Что касается догадок и предположений о возможной роли воды в дальнейшем ходе революционного развития науки и техники и в эволюции самого Человека, то ответственность за них полностью ложится на автора. Сегодня многие высказанные выше догадки выглядят фантастическими. Но это сегодня. А завтра? Не окажутся ли они завтра лишь бледной тенью реальности? Не породит ли завтрашний день куда более невероятные прогнозы?

Пока же, подводя черту, мы снова и снова утверждаем то, с чего начали наше повествование: вода, обыкновенная вода - самое удивительное вещество в природе. И для человечества она с каждым днем приобретает все более жизненно необходимое значение. Вода призвана и напоить, и накормить, и одеть людей. Вода помогает Человеку постичь природу и самого себя. Вода превращает Человека во Властелина природы. Со временем она станет воистину "живой водой", ибо избавит человечество от всех телесных (а может быть и душевных) недугов.

Однако открытия не приходят сами, их совершает та часть человечества, которая именуется искателями. Всегда и во все времена вода будет нуждаться в своих Колумбах. Возможно, и вы станете ими.

Список литературы

Невис К., Дай Д. Вода - зеркало науки. М., Гидрометеоиздат, 1964. 149 с.

Дерпгольц В. Ф. Мир воды. Л., Недра, 1979. 253 с.

Дерягин Б. В. Аномальная вода - гипотезы и факты. - Наука и жизнь 1972, № 4, с. 70-76.

Карцев А. Д., Вагин С. Б. Невидимый океан. М., Недра, 1973. 112 с.

Классен В. И. Омагничивание водных систем. М., Химия, 1978. 238 с.

Колычев Б. С. Атом утоляет жажду. М., Просвещение, 1972. 157 с.

Львович М. И. Водные ресурсы будущего. М., Просвещение, 1969. 174 с.

Малин К. М. Жизненные ресурсы человечества. М., Наука, 1967. 174 с.

Мухачев В. М. "Живая" вода. М., Наука, 1975. 142 с.

Павлов Ю. В. Опреснение воды. М., Просвещение, 1972. 157 с.

Такеучи Х., Уеда С., Канамори Х. Движутся ли материки? М., Мир, 1970. 246 с.

Фичини Ж., Ламброво-Бадер Н., Данезе Ж. К. Основы физической химии. М., Мир, 1972. 308 с.

Холодов Ю. А. Человек в магнитной паутине. М., Знание, 1972. 143 с.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. М., Наука, 1973. 335 с.

Янович П. Вода из воздуха. - Наука и жизнь, 1968, № 11, с. 64-67.